



# Comune di Concesio

- Provincia di Brescia -

Cap 25062

Piazza Paolo VI, 1

Tel. 030.2184000

P. IVA n. 00350520177



Email: protocollo@comune.concesio.brescia.it  
Pec: protocollo@pec.comune.concesio.brescia.it



**AGZ lab**  
Architetto  
Gianluca  
Zambotti

Via Franchetti, 2 - 20124 Milano - Italy  
U. + 39 02.84713.019 M +39 347.6072.102  
progetto@agzlab.it - gzambotti@agzlab.it



Via Sant'Anna 16, Osnago (LC) - Italy  
+39 039 596 9780 - info@optimoiot.it



## TITOLO

**AFFIDAMENTO DIRETTO DEI SERVIZI TECNICI IN FASE DI PROGETTAZIONE ED IN FASE ESECUZIONE DELL'INTERVENTO DI DIREZIONE LAVORI, SICUREZZA, PER OPERA "NUOVA COSTRUZIONE/AMPLIAMENTO ASILO NIDO VIA PASCOLI " - FINANZIATO CON PNRR -M4-C1-1.1**

## CODICE IDENTIFICATIVO GARA

## RESPONSABILE SETTORE TECNICO

**CIG:**

CUP: D48H24000720001

**RUP. Arch. Flavia Gusberti**

P.za Paolo VI, 1 Concesio (BS)

Firma \_\_\_\_\_

## OGGETTO

**PROGETTO ESECUTIVO**  
RELAZIONE REQUISITI ACUSTICI PASSIVI  
Via Pascoli 10, Concesio (BS)

| Cartella | Fase | Cat. | N°         | R  |
|----------|------|------|------------|----|
| 2406     | E    | AR   | <b>D08</b> | 00 |

## Formato

/

## Scala

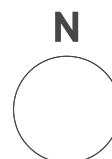
A4

## PROGETTO ARCHITETTONICO

Arch. Gianluca Zambotti

Progettazione definitiva  
Progettazione esecutiva

Firma \_\_\_\_\_



## PROGETTO STRUTTURALE

Arch. Gianluca Zambotti  
Geol. Francesco Serra

Progetto e D.L.  
Prog. Geologico-Geotecnico

## PROGETTO IMPIANTI

Ing. Carlo Pennati  
Ing. Mauro Pozzi

Progetto Energetico e Meccanico  
Progetto Elettrico

## DIREZIONE LAVORI

Arch. Gianluca Zambotti

Firma \_\_\_\_\_

## C.S.P

Arch. Gianluca Zambotti

## ESECUTORE OPERE

Firma \_\_\_\_\_

## PROGETTO VVF

Ing. Carlo Pennati

Firma \_\_\_\_\_

## Note

### Compilato

Data: 28/09/2024

Firma: AP

### Verificato

Data: 28/09/2024

Firma: GZ

### Approvato

Data: 28/09/2024

Firma: GZ

### Revisione

### Descrizione

Rev:

Descr:

Rev:

Descr:

Rev:

Descr:

### Storico compilazione

Data:

Firma:

Data:

Firma:

Data:

Firma:

### Verificato

Firma:

### Approvato

Firma:

Firma:

Firma:

Firma:

Firma:



ProAcustica di Alessia Carrettini  
P.IVA 01429380197 - C.F. CRRLSS80T60F205E  
Via Cascina Corte, 26 - 26100 Cremona (Cr) - Italy  
Tel. +39 0372 43 82 32  
[www.proacustica.it](http://www.proacustica.it)

## **PROGETTAZIONE E VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

**DPCM. 5.12.1997**  
**D.M. 23.06.2022**

**OGGETTO:** NUOVA COSTRUZIONE/AMPLIAMENTO ASILO NIDO VIA PASCOLI  
Comune di Concesio (BS)

**PROGETTISTA ACUSTICO:**



Via Cascina Corte 26 – 26100 Cremona

**INDICE:**

|     |   |           |
|-----|---|-----------|
| 1.  | <b>PREMESSA</b>   | <b>3</b>  |
| 2.  | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO</b>   | <b>4</b>  |
| 3.  | <b>PARAMETRI DA RISPETTARE PER L'EDIFICIO IN OGGETTO</b>  | <b>10</b> |
| 4.  | <b>METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI</b>  | <b>11</b> |
| 5.  | <b>DESCRIZIONE INTERVENTO E SINTESI STRATIGRAFIE</b>  | <b>12</b> |
| 6.  | <b>PARETI PERIMETRALI VERSO AMBIENTE ESTERNO</b>  | <b>13</b> |
|     | <i>PARTIZIONI VETRATE</i>   | <i>14</i> |
|     | <i>INDICAZIONI PER LA CORRETTA POSA IN OPERA</i>  | <i>15</i> |
| 7.  | <b>FACCIATA SUPERIORE: TETTO DI COPERTURA</b>   | <b>17</b> |
| 8.  | <b>PARTIZIONI VERTICALI INTERNE</b>   | <b>18</b> |
|     | <i>PORTE INTERNE</i>  | <i>18</i> |
|     | <i>VERIFICA DEL RISPETTO DEI CAM PARETI DI SEPARAZIONE FRA SEZIONI E AMBIENTI DI SEZIONI DIVERSE AMBIENTI</i> | <i>19</i> |
| 9.  | <b>PARETE CAVEDIO CANALI UTA</b>  | <b>21</b> |
|     | <i>VERIFICA DEL RISPETTO DEI CAM PARETI DI SEPARAZIONE AMBIENTI</i>   | <i>21</i> |
| 10. | <b>SOLUZIONE COSTRUTTIVA ORIZZONTALE</b>  | <b>21</b> |
| 11. | <b>TEMPO DI RIVERBERO</b>   | <b>22</b> |
| 12. | <b>IMPIANTI TECNICI</b>   | <b>25</b> |
|     | <i>IMPIANTO IDRICO</i>  | <i>30</i> |
|     | <b>VALUTAZIONE PARAMETRI DI LEGGE E CONCLUSIONI</b>   | <b>38</b> |

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi dell'intervento di nuova costruzione/ampliamento dell'Asilo Nido localizzata in via G. Pascoli, 10, nel Comune di Concesio (BS).

I relatori della presente sono in possesso della qualifica di cui all'art. 2, commi 6 e 7 della Legge 447/95, per lo svolgimento dell'attività di "Tecnico Competente" nel campo dell'acustica ambientale e iscritti all'albo nazionale ENTECA con numero 1584.

L'attenta progettazione acustica degli ambienti scolastici è finalizzata alla riduzione del rumore proveniente dall'esterno e alla riduzione del rumore interno, per creare le condizioni ottimali per una buona comprensione verbale fra insegnanti e studenti. Tale obiettivo prestazionale viene perseguito attraverso una efficace progettazione acustica di tutti gli elementi costituenti il manufatto edilizio, compresi gli impianti tecnologici, oltre che attraverso il corretto controllo della riverberazione interna nei diversi ambienti dell'edificio scolastico.

Il tecnico  
**Dott. Ing. Alessia Carrettini**  
*Tecnico Competente in Acustica*



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO

La normativa ha lo scopo di definire i limiti di isolamento acustico per tutti gli edifici con destinazione d'uso diversa da quella produttiva, al fine di prevenire il disturbo percepito all'interno degli ambienti abitativi per rumori provenienti dall'esterno dell'edificio, ma anche da rumori provocati all'interno dello stesso tra diverse unità immobiliari e/o dagli impianti a servizio.

La norma di riferimento in materia di inquinamento acustico è la **Legge 26 ottobre 1995 n° 447** "Legge quadro sull'inquinamento acustico". Tale legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

In attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e) della Legge 447/95, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997, sono stati determinati i requisiti delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici.

La classificazione degli edifici è definita in relazione alla destinazione d'uso dell'immobile e precisamente.

Tabella 1 - Tabella a dpcm 05.12.1997 - classificazione acustica degli ambienti abitativi

| Categoria | Specificazioni  |
|-----------|---|
| A         | Edifici adibiti a residenza o assimilabili                                      |
| B         | Edifici adibiti ad uffici e assimilabili  |
| C         | Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili                  |
| D         | Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili              |
| E         | <b>Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili</b> |
| F         | Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili                |
| G         | Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili                          |

ove per ciascuna categoria sono definiti i valori minimi di isolamento per le partizioni verticali ed orizzontali, mentre si definiscono i valori massimi di rumore ammissibili per gli impianti ad uso continuo e discontinuo a servizio dell'immobile.

I parametri considerati sono:

- **$R'_w$**  *Indice del potere fonoisolante apparente*: si riferisce all'isolamento per via aerea di elementi di separazione tra due distinte unità abitative
- **$D_{2m,nT,w}$**  *Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata*: si riferisce all'isolamento per via aerea delle facciate degli immobili
- **$L'_{n,w}$**  *Indice di valutazione del livello apparente normalizzato di rumore da calpestio di solai*: si riferisce all'isolamento al rumore da calpestio di una partizione orizzontale
- **$L_{ASmax}$**  *Livello massimo di pressione sonora*, ponderata A con costante di tempo "Slow" per la valutazione della rumorosità degli impianti ad uso discontinuo

- $L_{Aeq}$  Livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A per i servizi ad uso continuo

I valori di riferimento, in funzione della classe di destinazione d'uso sono:

Tabella 2 - Tabella b DPCM 05.12.1997 – requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

| Categoria dell'edificio | PARAMETRI |               |            |             |           |
|-------------------------|-----------|---------------|------------|-------------|-----------|
|                         | $R'_w$    | $D_{2m,nT,w}$ | $L'_{n,w}$ | $L_{ASmax}$ | $L_{Aeq}$ |
| D                       | 55        | 45            | 58         | 35          | 25        |
| A, C                    | 50        | 40            | 63         | 35          | 35        |
| E                       | <b>50</b> | <b>48</b>     | <b>58</b>  | <b>35</b>   | <b>25</b> |
| B, F, G                 | 50        | 42            | 55         | 35          | 35        |

### **DM 6 AGOSTO 2022 – CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER L’AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI PROGETTAZIONE E LAVORI PER LA NUOVA COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI PUBBLICI**

#### Articolo 2.4.11. – Prestazioni e comfort acustici

Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532 -2.

Le scuole devono soddisfare il livello di prestazione superiore riportati nel prospetto A.1. dell’Appendice A della norma 11367. Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come “prestazione buona” nel prospetto B.1. dell’appendice B della norma UNI 11367.

Tabella 3: Prospetto A1 Uni 11367

|   | Prestazione di base | Prestazione superiore |
|---|---------------------|-----------------------|
| Descrittore dell’isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (dB)  | 38                  | <b>43</b>             |
| Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari $R'_w$ (dB)  | 50                  | <b>56</b>             |
| Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari $L'_{nw}$ (dB)             | 63                  | <b>53</b>             |
| Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{ic}$ in ambienti diversi da quelli di installazione (dB(A))          | 32                  | <b>28</b>             |
| Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione (dB(A))       | 39                  | <b>34</b>             |
| Descrittore dell’isolamento acustico normalizzato di partizioni i fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ (dB)     | 50                  | <b>55</b>             |
| Descrittore dell’isolamento acustico normalizzato di partizioni i fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ (dB)       | 45                  | <b>50</b>             |
| Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $L'_{n,w}$ (dB) | 63                  | <b>53</b>             |

Tabella 4: Prospetto B1 Uni 11367

| Livello prestazionale | Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{n,T,w}$ (dB) |                          |
|-----------------------|--|--------------------------|
|                       | Ospedali e scuole  | Altre destinazioni d'uso |
| Prestazione ottima    | $\geq 34$  | $\geq 40$                |
| Prestazione buona     | $\geq 30$  | $\geq 36$                |
| Prestazione base      | $\geq 27$  | $\geq 32$                |
| Prestazione modesta   | $\geq 23$  | $\geq 28$                |

E per quanto riguarda il tempo di riverbero e lo STI nell'ambito degli edifici a destinazione scolastica, nel prospetto 1 della UNI 11532-2 vengono individuate 6 categorie funzionali:

Tabella 5: Prospetto 1 UNI 11532-2

| Categoria | Attività in ambiente  | Modalità d'intervento  |
|-----------|---|--|
| A1        | Musica  | Obiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo |
| A2        | Parlato/conferenze  |  |
| A3        | Lezione/comunicazione come parlato/conferenza (aule grandi) interazione insegnante studente |  |
| A4        | Lezione/comunicazione, incluse aule speciali  |  |
| A5        | Sport   |  |
| A6        | Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche                                  | Obiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo                   |

E meglio dettagliate nel prospetto 2 (per le Categorie dalla A1 alla A5):

Tabella 6: Prospetto 2 UNI 11532-2

| Categoria | Descrizione dell'utilizzo   | Obiettivo qualitativo  | Esempi   |
|-----------|---|--|--|
| A1        | Musica<br>Prevalentemente rappresentazioni musicali   | Buona acustica per musica non amplificata; ammessa limitata comprensione del parlato   | Aule per la musica con musica suonata e canto  |
| A2        | Parlato/conferenze  | Elevato grado di intellegibilità del parlato   | Aule didattiche  |
| A3        | A3.1<br>Ambiti della categoria A2 per persone che hanno problemi di deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali   | Elevato grado di intellegibilità del parlato anche per persone con deficit uditivo o non madrelingua oppure con differenze linguistiche                                | Aule didattiche, Aule magne  |
|           | A3.2<br>Parlato.<br>Comunicazione con la presenza di più persone parlanti nell'aula   | Elevato grado di intellegibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente  | Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari                                |
| A4        | Più persone parlanti nella stanza (come Categoria A3.2) e destinate a persone con particolari necessità (aule speciali). Escluse aule speciale di volume superiore a 500 mc, oppure per utilizzo musicale | Elevato grado di intellegibilità del parlato con più oratori contemporaneamente e per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche | Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aule insegnanti e similari. Ambienti per videoconferenze. |
| A5        | Sport: piscine e palestre e similari  | Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi  | Palestre per utilizzo come ambienti sportivi in generale   |

E nel prospetto 3 (per la Categoria A6):

Tabella 7: Prospetto 3 UNI 11532-2

| Categoria | Descrizione dell'utilizzo  | Esempi   |
|-----------|--|--|
| A6.1      | Spazi senza permanenza   | Vani scala   |
| A6.2      | Spazi con permanenza di ridotta  | Spogliatoi palestre e similari   |
| A6.3      | Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento                   | Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni) Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, Biblioteche |
| A6.4      | Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente        | Reception/area desk (bidellerie) con postazione di lavoro fissa Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Area distribuzione nelle mense   |
| A6.5      | <b>Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente</b> | Sale da pranzo<br>Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido  |

Per ciascuna delle categorie, nel prospetto 6 si individua il tempo di riverberazione ottimale  $T_{ott}$ :

Tabella 8: Prospetto 6 UNI 11532-2

| Categoria | $T_{ott}$   | Volume                                   |
|-----------|---|--|
| A1        | $T_{ott, A1} = (0,45 \log V + 0,07)^{*1}$                                       | $30 \text{ mc} \leq V < 1000 \text{ mc}$ |
| A2        | $T_{ott, A2} = (0,37 \log V - 0,14)^{*1}$                                       | $50 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$ |
| A3        | $T_{ott, A3} = (0,32 \log V - 0,17)^{*1}$                                       | $30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$ |
| A4        | $T_{ott, A4} = (0,26 \log V - 0,14)^{*1}$                                       | $30 \text{ mc} \leq V < 500 \text{ mc}$  |
| A5        | $T_{ott, A5} = (0,75 \log V - 1,00)^{*2}$<br>$T_{ott, A5} = 2,00 \text{ }^{*2}$ | $V \geq 10000 \text{ mc}$                |

\*1 Ambiente arredato e occupato all'80%

\*2 Ambiente arredato e non occupato

Dove

V= volume dell'ambiente

Il valore del tempo di riverberazione di progetto dovrà essere compreso nell'intervallo di conformità riportato nella figura seguente:

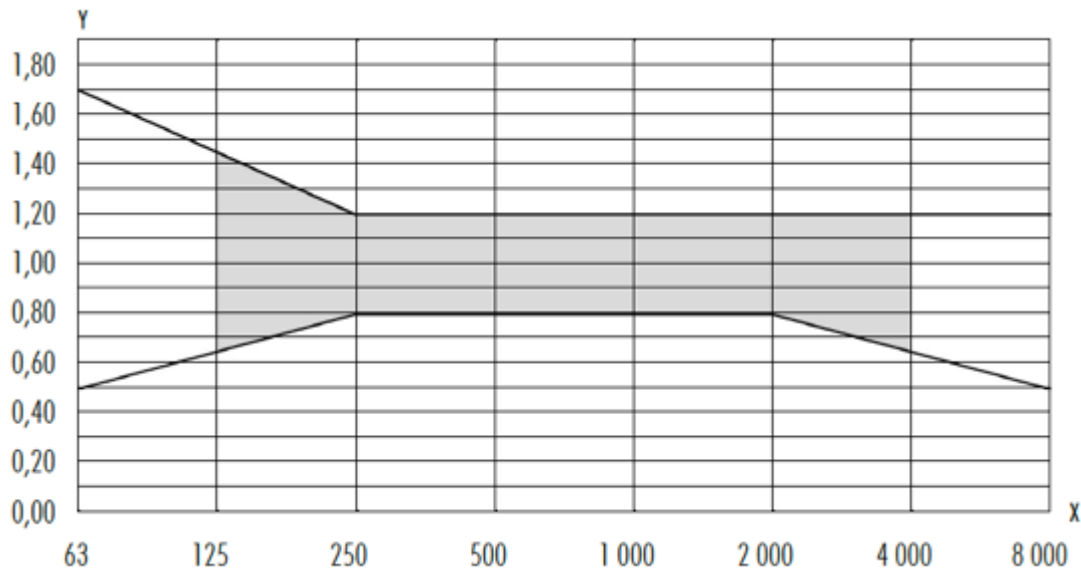


Figura 1: Andamento ed intervallo di conformità del tempo di riverberazione T in funzione della frequenza per le categorie da A1a A4

Dove:

X f= frequenza (Hz)

Y= T/T<sub>ott</sub> tempo di riverberazione dipendente dalla frequenza T rispetto al tempo di riverberazione desiderato T<sub>ott</sub> (adimensionale)

Per le categorie dalla A1 alla A4 l'intervallo di conformità del tempo di riverberazione T, dipende dalla frequenza nelle bande di ottava fra 125 Hz e 4000 Hz.

**Per la categoria A5 si considerano solo le bande d'ottava tra 250 Hz e 2000 Hz.**

Per la categoria A6, la verifica è condotta non sul tempo di riverberazione ottimale T<sub>ott</sub> ma sul rapporto A/V.

Tabella 9: Prospetto 7 uni 11532-2

| Categoria | Per altezze dell'ambiente $h \leq 2,5$ m | Per altezze $h > 2,5$ m                    |
|-----------|--|--|
| A6.1      | Nessuna richiesta                        | Nessuna richiesta                          |
| A6.2      | $A/V \geq 0,15$                          | $A/V \geq \{4,8 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$  |
| A6.3      | $A/V \geq 0,20$                          | $A/V \geq \{3,13 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$ |
| A6.4      | $A/V \geq 0,25$                          | $A/V \geq \{2,13 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$ |
| A6.5      | $A/V \geq 0,30$                          | $A/V \geq \{1,47 + 4,69 \log(h/1m)\}^{-1}$ |

**Dove**

A = Area di assorbimento equivalente (mq)

V = Volume dell'ambiente (mc)

H = altezza dell'ambiente (h)

I valori di riferimento A/V si applicano alle ottave da 250 Hz a 2000 Hz a locale non occupato.

In ambienti a doppia altezza, h si riferisce all'altezza media. L'altezza media dell'ambiente può essere calcolata dividendo il volume dello spazio per l'area netta in pianta dell'ambiente.

Nel prospetto 4 della UNI 11532-2 sono riportati i valori di STI che si applicano alle Categoria A1, A2, A3, A4

Tabella 10: Prospetto 4 UNI 11532-2

|  | < 250 mc   | ≥ 250 mc   |
|--|--|--|
| Senza impianto di amplificazione o con impianto spento | ≥ 0,55 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A)                     | ≥ 0,50 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dB(A) |
| Con impianto di amplificazione                         | ≥ 0,55 Con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione |  |

I valori di STI sono riferiti ad ambiente arredato e con la presenza di due persone al massimo. Per ambienti inferiori a 250 mc in alternativa allo STI può essere utilizzato il  $C_{50}$  nelle bande d'ottava 500-1000-2000 Hz.

I valori di riferimento sono indicati nel prospetto 5 della norma Uni 11532-2:

Tabella 11: Prospetto 7 uni 11532-2

|                                  | < 250 mc |
|----------------------------------|----------|
| Senza impianto di amplificazione | ≥ 2      |

### PRECISAZIONE SUL RUMORE DEGLI IMPIANTI

Il rumore degli impianti a funzionamento continuo generato in ambienti diversi dall'ambiente in esame è soggetto al DPCM 5/12/1997, mentre il rumore degli impianti a funzionamento continuo all'interno degli ambienti deve essere conforme al prospetto 8 della UNI 11532-2:2020 e il rumore dovuto a tutte le potenziali sorgenti di rumore  $L_{amb}$  deve essere conforme al prospetto 10 della norma UNI 11532-2:2020 e tale prescrizione non è cogente ma solo indicativa.

Tabella 12: Prospetto 8 uni 11532-2 - Valori di riferimento per  $L_{ic,int}$  e NC

| Destinazioni d'uso  | $L_{ic,int}$ | NC   |
|---|--------------|------|
| Aule e biblioteche < 250 mc   | ≤ 34         | ≤ 25 |
| Aule e biblioteche ≥ 250 mc   | ≤ 38         | ≤ 30 |
| Ufficio singolo   | ≤ 35         | ≤ 25 |
| Ambienti espositivi, spazi studio   | ≤ 45         | ≤ 35 |
| Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception/area desk | ≤ 45         | ≤ 35 |

Tabella 13: Prospetto 9 uni 11532-2 - Valori di riferimento per il livello di rumore ambientale

| Destinazioni d'uso  | $L_{amb}$ |
|---|-----------|
| Aule e biblioteche < 250 mc   | ≤ 38      |
| Aule e biblioteche ≥ 250 mc   | ≤ 41      |
| Ufficio singolo   | ≤ 38      |
| Ambienti espositivi, spazi studio   | ≤ 48      |
| Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception/area desk | ≤ 48      |

### 3. PARAMETRI DA RISPETTARE PER L'EDIFICIO IN OGGETTO

L'edificio si sviluppa su 1 piano.

La normativa UNI 11532-2 richiamata assegna la categoria A6.5 per gli ambienti in oggetto.

I parametri e i limiti da rispettare sono:

Tabella 14: Parametri e limiti da rispettare per l'edificio in oggetto

|  | D.P.C.M<br>5.12.1997 | UNI 11367 | UNI 11532-2                             |
|--|----------------------|-----------|---|
| Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (dB)   | $\geq 48$            |           |   |
| Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{ic}$ in ambienti diversi da quelli di installazione (dB(A))                             |                      | $\leq 28$ |   |
| Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione (dB(A))                          |                      | $\leq 34$ |   |
| Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ (dB)                            |                      | $\geq 50$ |   |
| Descrittore dell'isolamento acustico rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB) |                      | $\geq 30$ |   |
| Rumorosità prodotta da impianti tecnologici a funzionamento discontinuo $L_{ASmax}$ (dB(A))  | $\leq 35$            |           |   |
| Rumorosità prodotta da impianti tecnologici a funzionamento continuo $L_{aeq}$ (dB(A))   | $\leq 25$            |           |   |
| Rumorosità impianti interno ad ambienti Aule e biblioteche < 250 mc $L_{ic,int}$   |                      |           | $\leq 34$                               |
| Rumorosità impianti interno a Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception/area desk $L_{ic,int}$   |                      |           | $\leq 45$                               |
| Aule (A6.5) - sezioni<br>$A/V$   |                      |           | $A/V \geq \{1,47+4,69\log(h/1m)\}^{-1}$ |

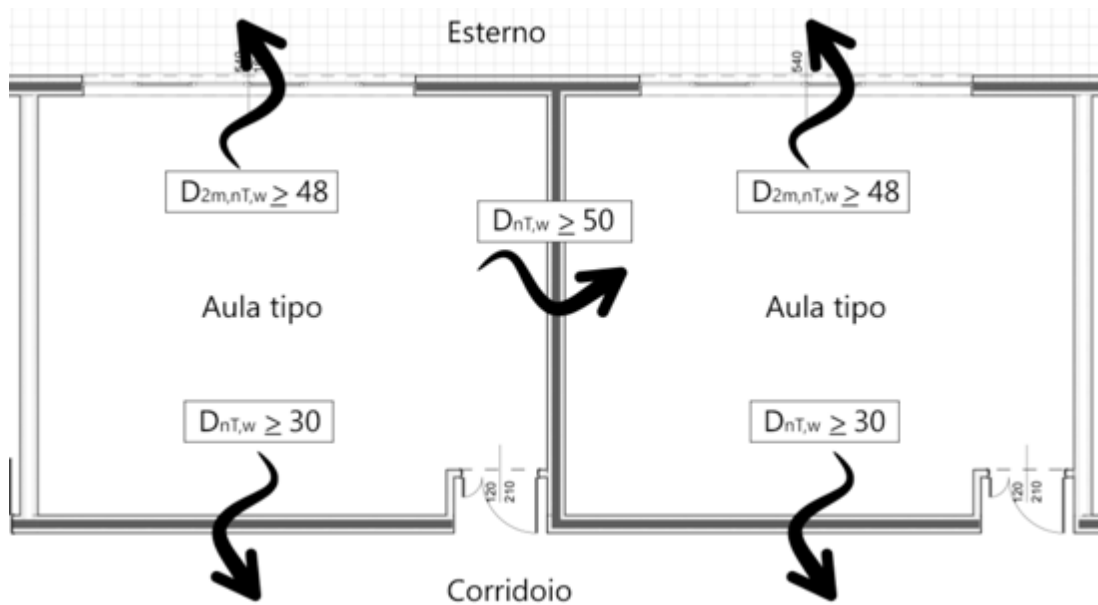


Figura 2: Schema con indici da rispettare – Aula Tipo

#### 4. METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI

La fase di verifica e progettazione dell'intervento dal punto di vista acustico si articola nei seguenti step, supportati da strumenti software:

- Calcolo delle prestazioni acustiche delle stratigrafie attraverso il Software o schede tecniche, certificati di aziende su strutture analoghe
- Calcolo del comportamento acustico delle partizioni nel contesto; verifica dei Requisiti acustici Passivi attraverso Software Suonus e/o file excel
- Calcolo degli indici acustici interni (tempo di riverbero/rapporto unità assorbenti/volumi) attraverso file di calcolo excel basato sulle formule riportate nella norma UNI 11532-1/2

Nella presente relazione si indicano le stratigrafie utilizzate, si assegna il valore previsto e si riportano in allegato i singoli risultati della verifica. Sono riportate inoltre le specifiche costruttive a cui attenersi per il raggiungimento dei valori verificati: innesti con le pareti, posa in opera dei serramenti...I dettagli costruttivi inseriti nelle tavole del progetto architettoniche e sviluppate nel progetto esecutivo sono redatti per assolvere anche alla insonorizzazione e al rispetto della normativa acustica.

I calcoli e i dati di output dei software sono riportati in allegato.

## 5. DESCRIZIONE INTERVENTO E SINTESI STRATIGRAFIE

L'intervento ha per oggetto la realizzazione di una nuova porzione di edificio ad uso asilo nido in ampliamento all'attuale unità immobiliare già destinata ad asilo nido e scuola materna.

L'ampliamento dell'edificio in oggetto si sviluppa su n.ro 1 piano fuori terra ed è collegato all'edificio esistente. All'interno sono individuate tre sezioni costituite ciascuna da aule e relativi servizi e zone riposo tutte collegate da un corridoio/disimpegno. Prevista la realizzazione di un locale tecnico.

Si riporta a seguire un estratto di una tavola con identificate le tipologie costruttive che caratterizzano il progetto e che sono valutate dal punto di vista acustico nella presente relazione.

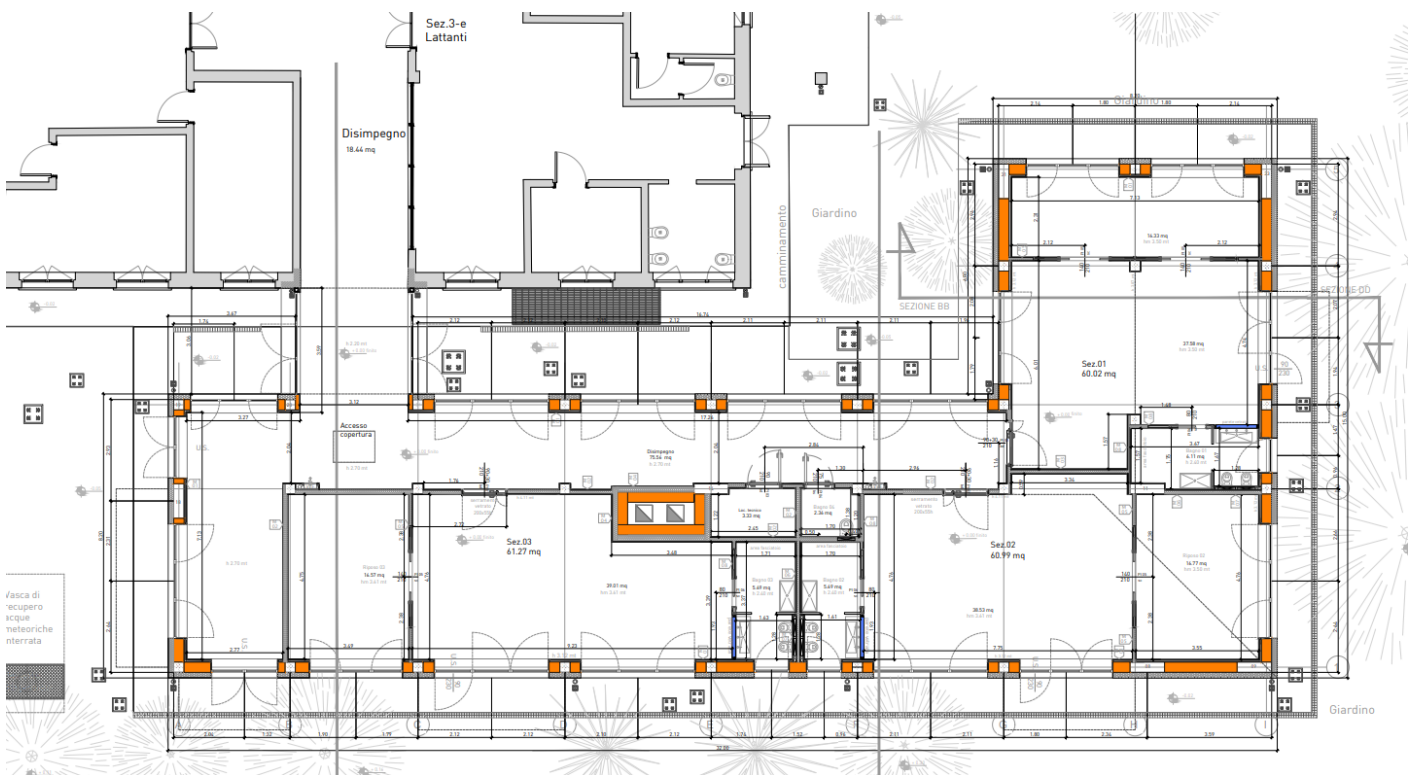


Figura 3: Piano Terra

La struttura portante è in pilastri di c.a. e tamponamento esterno in blocchi forati tipo Poroton con cappotto in EPS grafitato. Le pareti interne che dividono i vari ambienti sono in cartongesso con lana di roccia.

La copertura è suddivisa in due porzioni: una piana costituita da soletta in calcestruzzo e isolata in estradosso con pannelli in XPS, una a falde costituita da struttura portante in calcestruzzo e isolata in estradosso con pannelli in poliuretano tipo Stiferite.

| COD.             | Tipologia   | R <sub>w</sub><br>dB | Fonte calcolo |
|------------------|---|----------------------|---------------|
| 01 - PRIMETRALE  | Cappotto - poroton - controparete   | 61                   | Insul         |
| 02 - SEPARAZIONE | Parete su monostruttura doppia lastra cartongesso per lato e lana di roccia | 56                   | Insul         |
| 03 - COPERTURA   | Solaio in ca con finitura   | 53                   | Insul         |
| 04 - CAVEDIO     | 30 cm ca – controparete cartongesso   | 69                   | Insul         |

## 6. PARETI PERIMETRALI VERSO AMBIENTE ESTERNO

Le pareti perimetrali hanno la seguente stratigrafia:

|   | Descrizione                  | Spessore mm | Densità Kg/mc | Peso Kg/mq   |
|---|------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| 1 | Intonaco per cappotto        | 10          | 1300          | 6,5          |
| 2 | EPS                          | 140         | 18            | 2,5          |
| 3 | Poroton TS P800              | 300         | 902           | 271          |
| 4 | Aria                         | 50          | 0             | 0            |
| 5 | Doppia lastra in cartongesso | 25          | 900           | 22,5         |
| 6 | Intonaco interno             | 15          | 1400          | 21           |
|   | <b>TOTALE</b>                | <b>540</b>  |               | <b>323.5</b> |

**Indice del Potere Fonoisolante previsto :**

$$R_w = 61 \text{ dB}$$

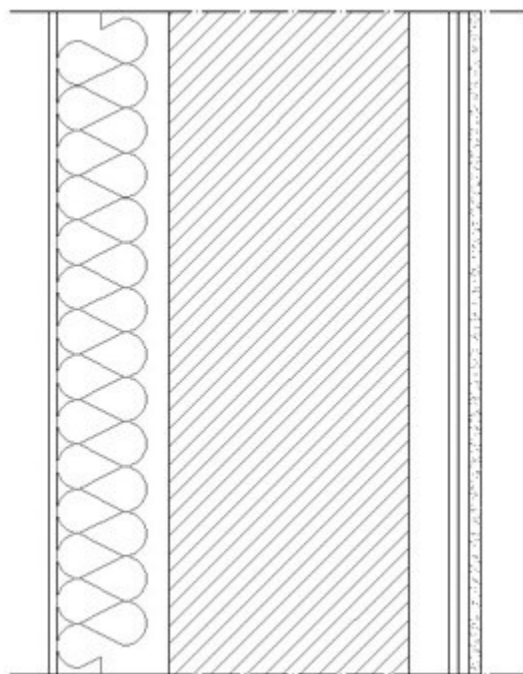


Figura 4: Pacchetto perimetrale

## PARTIZIONI VETRATE

L'isolamento acustico di facciata è controllato principalmente dal sistema serramento e dalla geometria dell'ambiente confinato.

Per arrivare al soddisfacimento dell'indice dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ( $D_{2m,nT,w}$ ), così come prescritto dal D.P.C.M 5.12.1997, è necessario determinare l'isolamento acustico richiesto del serramento.

| AMBIENTE         | $R_w$ SERRAMENTO<br>dB | $D_{2m,nT,w}$<br>dB |
|------------------|------------------------|---------------------|
| RIPOSO SEZIONE 3 | 51                     | 48                  |
| SEZIONE 3        | 47                     | 48                  |
| SEZIONE 2        | 47                     | 48                  |
| SEZIONE 1        | 45                     | 48                  |

I calcoli effettuati portano a richiedere serramenti che abbiano un potere fonoisolante di **47 dB** per le sezioni, per i locali sonno si dovrebbero inserire serramenti con  $R_w$  di 51 dB date le dimensioni dei serramenti e delle aule.

Il valore ottenuto è stato ottenuto per serramenti delle dimensioni effettive o per moduli, non essendoci certificati di serramenti con tale estensione: i moduli da cui sono composte le facciate devono avere tutti  $R_w$  47 dB, pertanto richiedere certificati acustici con le medesime dimensioni dei moduli o in alternativa valutare l'incremento di potere fonoisolante da richiedere in base alla normativa UNI /TR 11469:2012 sull'estendibilità del potere fonoisolante per serramenti e alla normativa UNI EN 14351-1:2016.

Si riporta uno stralcio del prospetto B.3 della UNI EN 14351-1:2016:

Tabella 15: Criteri di applicazione estesa dei valori di potere fonoisolante ottenuto mediante prova in base alla superficie del provino

| Area complessiva del serramento                        | Valore $R_w$                  |
|--|-------------------------------|
| Dal -100% al +50 % dell'area complessiva del provino   | $R_w$ e $R_w + C_{tr}$        |
| Dal +50 % al +150 % dell'area complessiva del provino  | $R_w$ e $R_w + C_{tr} - 1$ dB |
| Dal +100 % al +100 % dell'area complessiva del provino | $R_w$ e $R_w + C_{tr} - 2$ dB |
| > al +100 % dell'area complessiva del provino          | $R_w$ e $R_w + C_{tr} - 3$ dB |

Si rammenta inoltre che l'estendibilità del potere fonoisolante può essere effettuata solo all'interno delle stesse famiglie omogenee oppure nel passaggio da una famiglia all'altra in senso cautelativo come riportato nella norma UNI 11469.

Si ricorda che i valori di  $R_w$ , ovvero valore minimo necessario di isolamento dell'intero serramento, composto da telaio, tenute ecc., e non alla sola porzione vetrata.

Si raccomanda di chiedere ai fornitori, prima dell'acquisto, i certificati acustici di prova dei serramenti scelti che attestino il potere fonoisolante dell'intero serramento, composto da telaio, falso telaio, vetro, guarnizione, e qualsiasi altro elemento che componga il serramento. Il certificato dovrà essere rilasciato da laboratorio riconosciuto e presentato per intero.

Inoltre si richieda alla ditta fornitrice dei serramenti di indicare eventuali accorgimenti necessari al fine di non inficiare il valore  $R_w$  dichiarato nei certificati acustici; accorgimenti quali velette realizzate in un certo modo, spalle, siliconature...

#### INDICAZIONI PER LA CORRETTA POSA IN OPERA

Nel momento della stesura della presente relazione non sono stati ancora definiti nel dettaglio i serramenti previsti, pertanto si daranno delle indicazioni generali e si raccomanda al committente di contattare il tecnico scrivente una volta individuato il serramentista per valutare i nodi critici anche dal punto di vista acustico.

Il sistema serramento è fondamentalmente costituito e caratterizzato da 3 elementi:

- 1 Serramento
- 2 Controtelaio
- 3 Serramento (Finestra)

Affinché i valori prestazionali dell'elemento posato si avvicinino quanto più a quelli dell'elemento finestrato certificato è importante che si studino attentamente i due nodi di posa, quello primario, tra muratura e contro telaio e quello secondario, tra contro telaio e serramento. Solo una cura meticolosa di tutti gli aspetti sopra descritti porterà il serramento a non essere sempre l'elemento debole del sistema.

Oltre a seguire le indicazioni fornite dai produttori di serramenti si raccomanda di prestare particolare attenzione:

- a. Alla realizzazione del nodo primario contro telaio-muratura, il cui vuoto con la muratura va riempito con malta non solo nei punti di zancatura ma ovunque al fine di non creare dei ponti acustici tra esterno ed interno. Se possibile realizzare una spalletta a copertura del giunto contro telaio – muratura (Aiutandosi in questo caso con la controparete in cartongesso).
- b. La classificazione normalizzata per la tenuta all'aria, del serramento, espressa in termini di portata d'aria che filtra attraverso  $1 \text{ m}^2$  di serramento ad una pressione statica di 100 Pa, dovrà essere A3 ovvero portata d'aria inferiore a  $7 \text{ m}^3/\text{h}$  secondo la norma UNI 7979:1979, oppure di tipo 4 secondo la norma UNI EN 12207:2000.
- c. Si raccomanda di prestare attenzione alla realizzazione e posa delle guarnizioni che devono essere integre e continue lungo tutto il serramento.
- d. Nel nodo telaio contro telaio si dovrà mettere materiale tipo nastro autoespandente o schiume acustiche.

## 7. FACCIATA SUPERIORE: TETTO DI COPERTURA

La copertura piana è realizzata con struttura portante in calcestruzzo, guaina, isolamento con doppio strato di XPS e finita con strato in ghiaia.

|   | Descrizione                   | Spessore mm | Densità Kg/mc | Peso Kg/mq   |
|---|-------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| 1 | Ghiaia                        | 50          | 1700          | 85           |
| 2 | Doppio strato isolante in XPS | 160         | 37            | 6            |
| 3 | Guaina impermeabile           | 1           | 1247          | 1,2          |
| 4 | Massetto in cls alleggerito   | 50          | 1600          | 80           |
| 5 | Calcestruzzo                  | 200         | 2400          | 480          |
|   | TOTALE                        | <b>461</b>  |               | <b>652.2</b> |

**Indice del potere fonoisolante previsto:**

$$R_w = 53 \text{ dB}$$

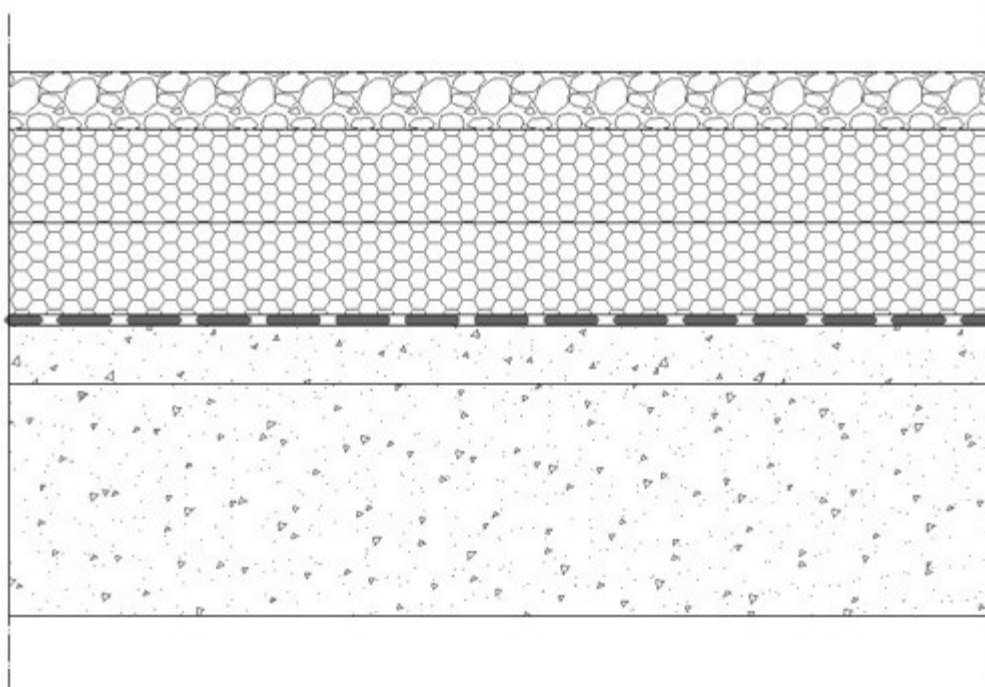


Figura 5: Solaio di copertura

La copertura a falde è realizzata con struttura portante in calcestruzzo, guaina, isolamento con doppio strato di poliuretano e finitura in lamiera.

|   | Descrizione                           | Spessore mm  | Densità Kg/mc | Peso Kg/mq   |
|---|---------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| 1 | Lamiera metallica                     | 0,6          | 7800          | 4,7          |
| 2 | Aria                                  | 50           | 0             | 0            |
| 3 | Doppio strato isolante in poliuretano | 160          | 43            | 7            |
| 4 | Guaina impermeabile                   | 1            | 1247          | 1,2          |
| 5 | Massetto in cls alleggerito           | 50           | 1600          | 80           |
| 6 | Calcestruzzo                          | 200          | 2400          | 480          |
|   | TOTALE                                | <b>461.6</b> |               | <b>572.9</b> |

**Indice del potere fonoisolante previsto:**

$$R_w = 53 \text{ dB}$$

Una copertura come quella sopra descritta porta al rispetto dell'isolamento acustico di facciata  $D_{2nT,w} \geq 48 \text{ dB}$

**8. PARTIZIONI VERTICALI INTERNE****PARETE DIVISORIA FRA SEZIONI-SEZIONI E SEZIONI-CORRIDOIO**

La parete è composta da doppia lastra in cartongesso con interposta lana di roccia.

|   | Descrizione                  | Spessore mm | Densità Kg/mc | Peso Kg/mq  |
|---|------------------------------|-------------|---------------|-------------|
| 1 | Doppia lastra in cartongesso | 25          | 900           | 22,5        |
| 2 | Lana di roccia               | 80          | 40            | 3,2         |
| 3 | Aria                         | 20          | 0             | 0           |
| 4 | Doppia lastra in cartongesso | 25          | 900           | 22,5        |
|   | TOTALE                       | <b>150</b>  |               | <b>48.2</b> |

$$R_w = 56 \text{ dB}$$

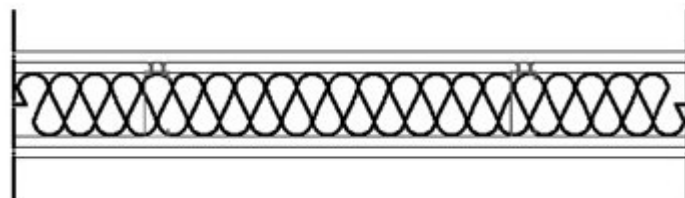


Figura 6: Parete divisoria

**Indice del potere fonoisolante previsto:  $R_w$  pari a 56 dB**

**PORTE INTERNE**

Le porte interne devono avere un potere fonoisolante minimo di 33 dB.

In questo modo il potere fonoisolante complessivo delle partizioni che dividono sezioni da corridoi è 36/37 dB e considerando una perdita da potere fonoisolante a potere fonoisolante apparente di 5 dB si ottiene:

| AMBIENTE  | R' <sub>w</sub><br>dB | D <sub>nT,w</sub><br>dB | D <sub>nT,w</sub> CAM<br>dB | RISPETTO |
|-----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|----------|
| SEZIONE 1 | 31                    | 41                      | 30                          | SI       |
| SEZIONE 2 | 32                    | 35                      | 30                          | SI       |
| SEZIONE 3 | 32                    | 34                      | 30                          | SI       |

## VERIFICA DEL RISPETTO DEI CAM PARETI DI SEPARAZIONE FRA SEZIONI E AMBIENTI DI SEZIONI

A seguire le indicazioni per il rispetto in opera dei valori limiti richiesti:

### SEZIONE 2-3.

Fra la sezione 2 e la sezione 3 vi è una zona filtro: i rispettivi bagni per cui il parametro  $D_{nT,w}$  fra la sezione 2 e 3 è garantito. Si raccomanda di mettere le cassette wc esterne alla parete di separazione .

La parete deve andare sino alla soletta superiore in ca e non vi devono essere fessure ma riempire bene i giunti con silicone , lana minerale, nastri autoespandenti.

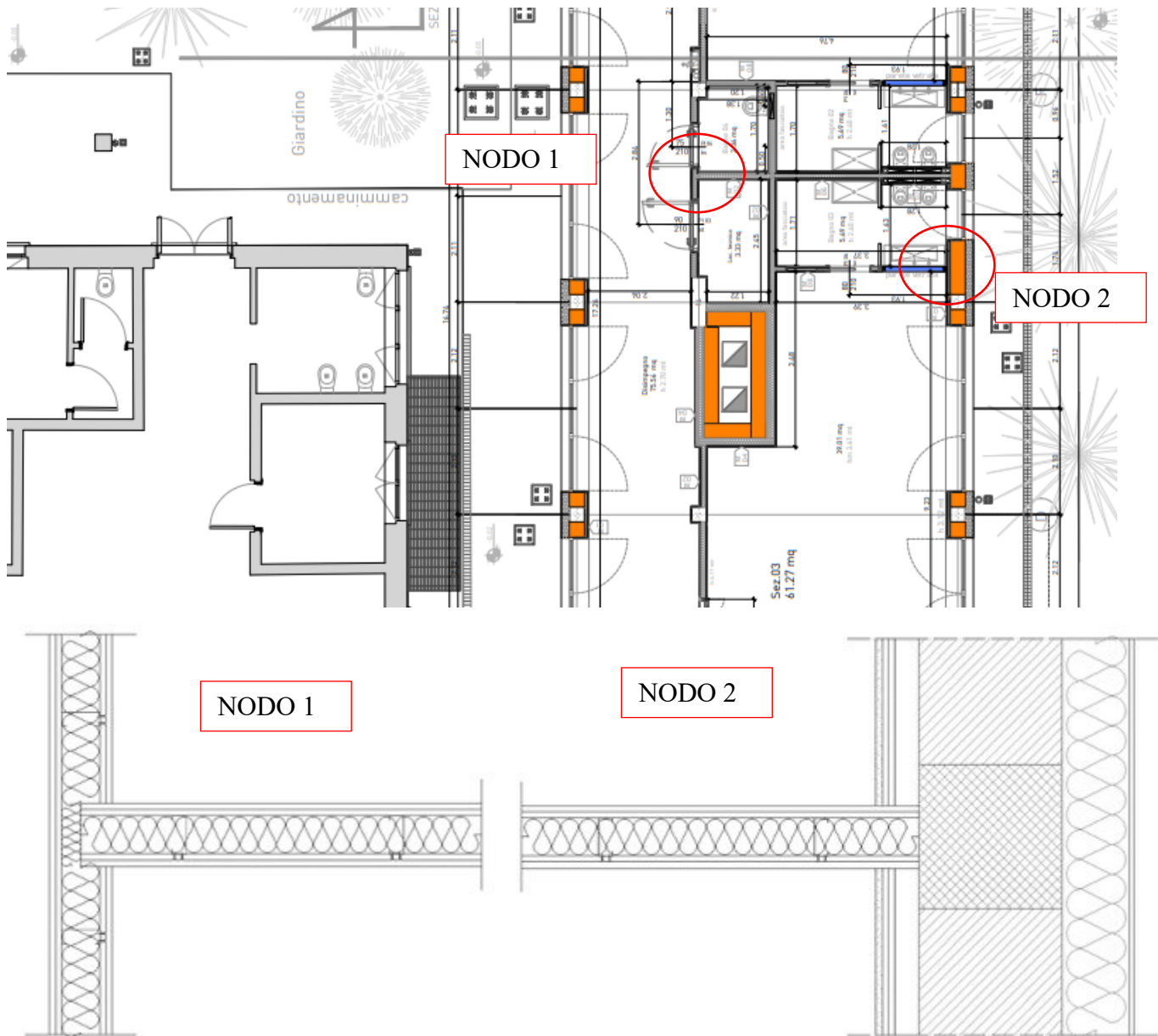
### SEZIONE 1-2

Le sezioni 1 e 2 sono direttamente adiacenti, divise nella prima parte da una partizione in cartongesso e lana minerale (  $R_w$  56 dB)

Nella seconda parte confinano la zona riposo della sezione 2 con i servizi della sezione 1: non si devono inserire le cassette wc in codesta parete, non si devono appendere i soffioni doccia al setto in ca e le tubazioni devono essere rivestite con calza e lana minerale.

Le pareti di separazione devono andare sino alla soletta di copertura riempiendo fessure e interstizi con lana minerale, nastri autoespandenti ( no schiume) e i controsoffitti devono essere interrotti fra ambienti delle diverse sezioni.

A seguire si riportano i nodi costruttivi da seguire per raggiungere i limiti normativi e fare in modo che la parete di separazione lavori senza perdite. In questo modo si può considerare una perdita fra valore di  $R_w$  a valore di  $R'_w$  di 5 dB.



| AMBIENTE             | R'w<br>dB | DnT,w<br>dB | DnT,w CAM<br>dB | RISPETTO |
|----------------------|-----------|-------------|-----------------|----------|
| SEZIONE1 1 SEZIONE 2 | 51        | 58          | 50              | SI       |
| RIPOSO 2 – BAGNO 1   | 51        | 54          | 50              | SI       |

In questo paragrafo sono state date le indicazioni affinché in opera si ottenessero i risultati imposti dalla normativa.

E' sempre rispettato il limite normativo  $D_{nT,w}$  maggiore di 50 dB fra le aule.

## 9. PARETE CAVEDIO CANALI UTA

La parete è composta da setto in c.a e controparete in cartongesso.

|   | Descrizione                               | Spessore mm | Densità Kg/mc | Peso Kg/mq |
|---|---|-------------|---------------|------------|
| 1 | Doppia lastra in cartongesso              | 25          | 900           | 22,5       |
| 2 | Lana di vetro                             | 140         | 40            | 5,6        |
| 3 | Poroton                                   | 300         | 800           | 240        |
| 4 | Struttura metallica a sostegno dei canali |             |               |            |
|   | TOTALE                                    | 46,5        |               | 268,1      |

### Indice del potere fonoisolante previsto

**R<sub>w</sub>: 69 dB**

## VERIFICA DEL RISPETTO DEI CAM PARETI DI SEPARAZIONE AMBIENTI

Nei paragrafi precedente sono state date tutte le indicazioni affinché in opera si ottenessero i risultati imposti dalla normativa.

E' sempre rispettato il limite normativo  $D_{nT,w}$  maggiore di 30 dB fra le aule e spazi comuni con porta. Quest'ultima deve avere un **R<sub>w</sub> pari a 33 dB**.

## 10. SOLUZIONE COSTRUTTIVA ORIZZONTALE

Si riportano a seguire la stratigrafia prevista per il solaio al piano terra anche se Essendo un edificio monopiano non si verificano i parametri di isolamento al calpestio fra ambienti sovrapposti e isolamento aereo.

|   | Descrizione                 | Spessore mm | Densità Kg/mc | Peso Kg/mq |
|---|-----------------------------|-------------|---------------|------------|
| 1 | Pavimento                   | 15          | 1700          | 25,5       |
| 2 | Massetto                    | 67          | 2100          | 140,7      |
| 3 | Pannello radiante           | 26          | 30            | 0,8        |
| 4 | Massetto in cls alleggerito | 150         | 1600          | 240        |
| 5 | Doppio pannello in XPS      | 160         | 37            | 5,9        |
| 6 | Calcestruzzo                | 50          | 2200          | 110        |

## 11. TEMPO DI RIVERBERO

La correzione acustica avviene tramite un'appropriata applicazione di materiali fonoassorbenti, con l'obiettivo di ottenere un tempo di riverberazione ottimale, per la categoria a cui appartiene l'edificio. La normativa UNI 11532-2 richiamata assegna la categoria A.6.5 per le aule dell'asilo nido, Sono ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort per l'ambiente.

I coefficienti assorbenti dei materiali sono stati presi dal prospetto C della norma UNI 11532-2.

Le aule, e si consiglia anche corridoi e l'atrio hanno un controsoffitto realizzato con lastre in gesso microforate. Si è proposto una tipologia tipo

Si è utilizzato come controsoffitto acustico fonoassorbente un soffitto della Knauf, Danoline ribassato 200 mm e con Alfa medio 0,6 (nella tabella seguente il coefficiente di assorbimento alle singole frequenze)

Tale materiale può essere sostituito con materiale con coefficiente migliore o simile.

| Descrizione pannello | Frequenze $\alpha$ (Hz) |     |     |      |      |      |
|----------------------|-------------------------|-----|-----|------|------|------|
|                      | 125                     | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Pannello Danoline Q1 | 0,45                    | 0,6 | 0,7 | 0,6  | 0,55 | 0,45 |

A seguire i calcoli per i vari ambienti rappresentativi.

### AULA SEZIONE 3

I calcoli sono stati fatti con foglio di calcolo excel utilizzando le indicazioni per il calcolo della normativa UNI 11532:20220.

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| <b>Tipo di scuola</b> | <b>Asilo nido</b> |
| <b>Tipo di aula</b>   | <b>Sezione 3</b>  |
| <b>Lunghezza</b>      | <b>9,23</b>       |
| <b>Larghezza</b>      | <b>5</b>          |
| <b>Altezza</b>        | <b>3,6</b>        |
| <b>Finestre</b>       | <b>17,52</b>      |
| <b>Porta</b>          | <b>0</b>          |
| <b>Volume</b>         | <b>166</b>        |

|  |          |      |             |             |             |             |      |
|--|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Calcolo unità assorbenti                             |          |      |             |             |             |             |      |
| <i>Frequenza</i>                                     |          | 125  | 250         | 500         | 1000        | 2000        | 4000 |
| SUPERFICI/UNITA'                                     | mq/unità | a    | a           | a           | a           | a           | a    |
| Intonaco di calce e cemento                          | 84,9     | 8,5  | 12,7        | 12,7        | 12,7        | 17,0        | 25,5 |
| Pavimento in linoleum, su substrato in               | 60,0     | 1,2  | 1,2         | 1,8         | 1,8         | 2,4         | 2,4  |
| Soffitto in legno                                    | 10,0     | 0,4  | 0,4         | 0,5         | 0,6         | 0,6         | 0,6  |
| Controsoffitto ACUSTICO                              | 50,0     | 22,5 | 30,0        | 35,0        | 30,0        | 27,5        | 22,5 |
| Finestre   | 17,5     | 4,9  | 3,5         | 1,9         | 1,1         | 0,5         | 0,4  |
| Porta in legno laccata                               | 0,0      | 0,0  | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0  |
| sedia ribaltabile in legno non occupata              | 0,0      | 0,0  | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0  |
| Totale unità assorbenti                              |          | 37,5 | 47,8        | 52,0        | 46,2        | 48,0        | 51,3 |
| Tempi di riverberazione = 0.16*volume sala/ Tot U.A. |          |      |             |             |             |             |      |
| <i>Frequenza</i>                                     |          | 125  | 250         | 500         | 1000        | 2000        | 4000 |
| Tempi di riverberazione                              |          | 0,78 | 0,61        | 0,56        | 0,63        | 0,61        | 0,57 |
| MEDIA T60 500-100-2000                               | 0,63     |      |             |             |             |             |      |
| A/V  |          |      | <b>0,26</b> | <b>0,28</b> | <b>0,25</b> | <b>0,26</b> |      |

La normativa chiede un valore minimo del rapporto A/V (categorie A6.5, in ambienti con l'altezza interna  $\geq 2,5$  m) :  $A/V \geq 0,25$

**VERIFICATO**

### **SEZIONE 3 -AULA RIPOSO**

I calcoli sono stati fatti con foglio di calcolo excel utilizzando le indicazioni per il calcolo della normativa UNI 11532:2020.

|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| <b>Tipo di scuola</b>    | <b>ASILO NIDO</b> |
| <b>Tipo di aula</b>      | <b>Riposo 3</b>   |
| <b>Lunghezza</b>         | <b>3,68</b>       |
| <b>Larghezza</b>         | <b>4,72</b>       |
| <b>Altezza</b>           | <b>3,6</b>        |
| <b>Finestre</b>          | <b>4,42</b>       |
| <b>Porta</b>             | <b>1,8</b>        |
| <b>Volume</b>            | <b>59,4</b>       |
| <b>Superficie totale</b> | <b>95,2192</b>    |

| Calcolo unità assorbenti                             |          |      |             |             |             |             |      |
|--|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Freuenza   |          | 125  | 250         | 500         | 1000        | 2000        | 4000 |
| SUPERFICI/UNITA'                                     | mq/unità | a    | a           | a           | a           | a           | a    |
| Intonaco di calce e cemento                          | 54,3     | 5,4  | 8,1         | 8,1         | 8,1         | 10,9        | 16,3 |
| Pavimento in linoleum, su substrato in               | 16,6     | 0,3  | 0,3         | 0,5         | 0,5         | 0,7         | 0,7  |
| Soffitto in legno                                    | 0,0      | 0,0  | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0  |
| Controsoffitto ACUSTICO                              | 16,6     | 7,5  | 9,9         | 11,6        | 9,9         | 9,1         | 7,5  |
| Finestre   | 4,4      | 1,2  | 0,9         | 0,5         | 0,3         | 0,1         | 0,1  |
| Porta in legno laccata                               | 1,8      | 0,2  | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1  |
| sedia ribaltabile in legno non occupata              | 0,0      | 0,0  | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0  |
| Totale unità assorbenti                              |          | 14,6 | 19,4        | 20,8        | 18,9        | 20,9        | 24,6 |
| Tempi di riverberazione = 0.16*volume sala/ Tot U.A. |          |      |             |             |             |             |      |
| Freuenza   |          | 125  | 250         | 500         | 1000        | 2000        | 4000 |
| Tempi di riverberazione                              |          | 0,65 | 0,49        | 0,46        | 0,50        | 0,46        | 0,39 |
| MEDIA T60 500-100-2000                               | 0,49     |      |             |             |             |             |      |
| AV   |          |      | <b>0,33</b> | <b>0,35</b> | <b>0,32</b> | <b>0,35</b> |      |

La normativa chiede un valore minimo del rapporto A/V (categorie A6.4, in ambienti con l'altezza interna  $\geq 2,5$  m) :  $A/V \geq 0,25$ .

### VERIFICATO

Essendo le aule di dimensione e tipologia similare si considerano verificate tutti gli ambienti se si utilizza il controsoffitto fonoassorbente come quello indicato in codesto paragrafo e di cui si riporta la scheda tecnica in allegato.

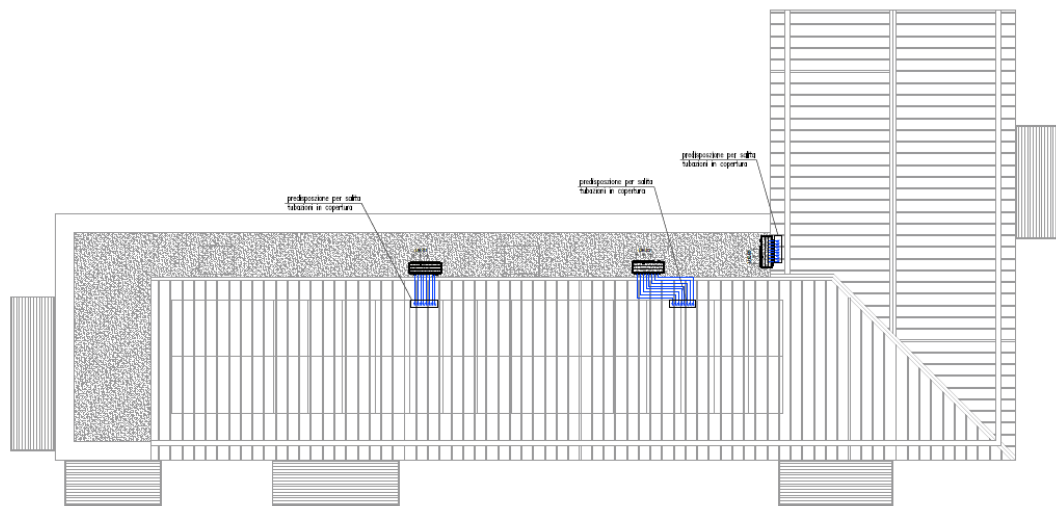
## 12. IMPIANTI TECNICI

L'edificio è servito da n° 3 PDC per raffrescamento e n° 1 PDC per produzione di ACS. Prevista VMC di tipo centralizzato.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche e le posizioni dei macchinari in planimetria.

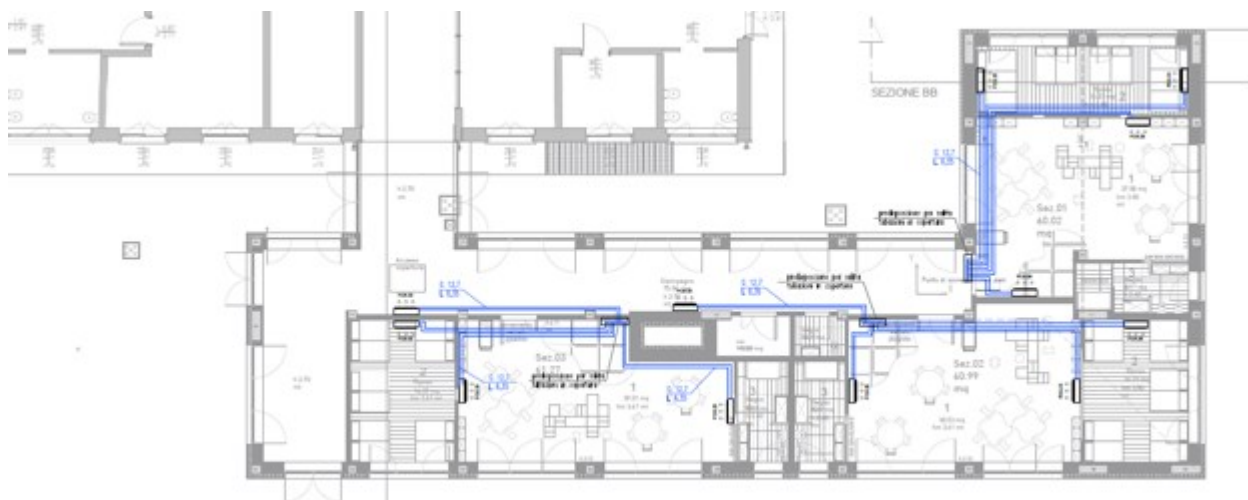
### POMPA DI CALORE

Ad ora è prevista soltanto predisposizione di pompe di calore multisplit delle quali si riportano caratteristiche tecniche e posizionamento.



PLANIMETRIA COPERTURA - SCALA 1:100


Figura 7: Predisposizione Unità Esterne – Copertura



PLANIMETRIA P0 - SCALA 1:100

Figura 8: Predisposizione Unità Interne – Piano Terra

Il livello di potenza sonora è di 65 dBA e il livello massimo di pressione sonora a 1 metro di 54 dBA.

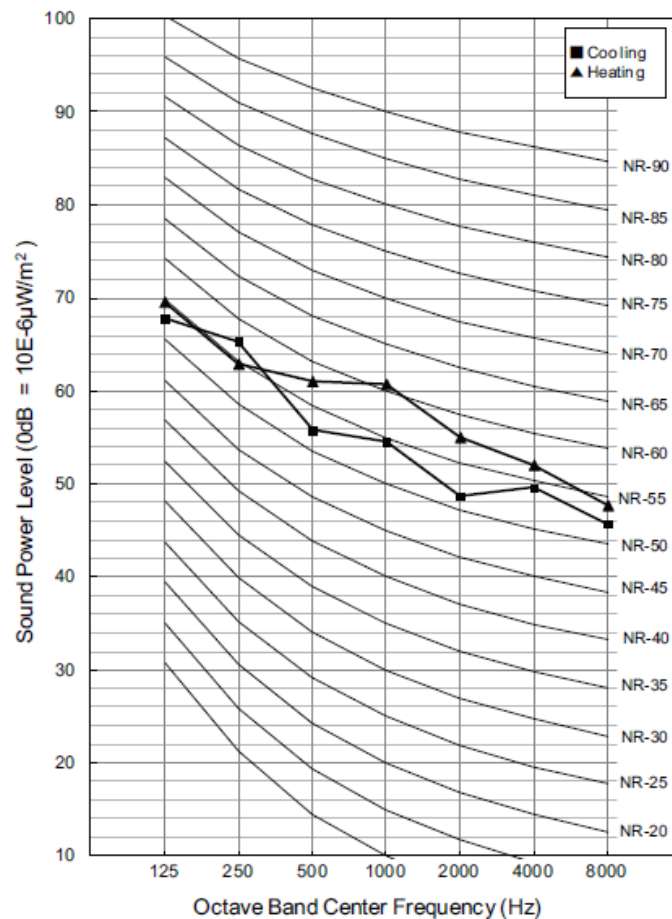
|  |        |  |                            |                            |
|--|--------|--|----------------------------|----------------------------|
| <b>Nominal Capacity(kW)</b>                      |        | 7.0  | 7.9                        | 8.8                        |
| <b>Model Name</b>                                |        | A4UW24GFA2<br>[MU4M25 U44]   | A4UW27GFA2<br>[MU4M27 U44] | A5UW30GFA2<br>[MU5M30 U44] |
| No.of connectable indoor units                   |        | Max.4  |                            | Max.5                      |
| Total capacity index of connectable indoor units | kBtu/h | 39   | 41                         | 48                         |
| Power supply                                     |        | 220-240V, 1Ø, 50Hz   |                            |                            |
| Chassis  |        |  |                            |                            |

Segue stralcio con i dati tecnici relativi alla macchina:

| Global Model Names<br>[Europe Model Names]    |  |  | A4UW24GFA2<br>[MU4M25 U44]       | A4UW27GFA2<br>[MU4M27 U44]       |
|---|--|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Testing Combination                           |  |  | -                                | -                                |
| Sum of Indoor Units Capacity                  |  |  | kBtu/h                           | 39                               |
| Number of Indoor Units                        |  |  | EA                               | 4                                |
| Number of BD Units                            |  |  | EA                               | -                                |
| Cooling Capacity*                             |  |  | Min.~Rated~Max. kW               | 1.32 ~ 7.03 ~ 8.50               |
|   |  |  | Min.~Rated~Max. Btu/h            | 4,500 ~ 24,000 ~ 29,000          |
| Heating Capacity*                             |  |  | Min.~Rated~Max. kW               | 1.47 ~ 8.44 ~ 9.38               |
|   |  |  | Min.~Rated~Max. Btu/h            | 5,000 ~ 28,800 ~ 32,000          |
| Power Input                                   |  |  | Cooling* Min.~Rated~Max. kW      | 0.42 ~ 1.63 ~ 2.68               |
|   |  |  | Heating* Min.~Rated~Max. kW      | 0.61 ~ 1.91 ~ 2.96               |
| SEER / SCOP                                   |  |  | Wh/Wh                            | 7.30 / 4.00                      |
| Seasonal Energy Label (Cooling / Heating)     |  |  | -                                | A++ / A+                         |
| Annual Energy Consumption (Cooling / Heating) |  |  | kWh                              | 337 / 2,450                      |
| Power Supply                                  |  |  | V, Ø, Hz                         | 220-240, 1, 50                   |
| Running Current                               |  |  | Cooling* Min.~Rated~Max. A       | 1.9 ~ 7.4 ~ 12.1                 |
|   |  |  | Heating* Min.~Rated~Max. A       | 2.8 ~ 8.6 ~ 13.4                 |
| Power Factor                                  |  |  | Rated                            | 0.96                             |
| Power Supply Cable (included Earth)           |  |  | No. × mm <sup>2</sup>            | 3C × 2.5                         |
| Casing Color                                  |  |  | -                                | Warm Gray                        |
| Dimensions                                    |  |  | W × H × D                        | 950 × 834 × 330                  |
| Net Weight                                    |  |  | kg (lbs)                         | 61.0 (134.4)                     |
| Shipping Weight                               |  |  | kg (lbs)                         | 68.0 (149.9)                     |
| Compressor                                    |  |  | Type                             | Twin Rotary                      |
|   |  |  | Model                            | GJT240MA × 1                     |
|   |  |  | Motor type                       | BLDC                             |
|   |  |  | Motor Output                     | W × No. 2,020 (at 60Hz) × 1      |
| Refrigerant                                   |  |  | Type                             | R410A                            |
|   |  |  | GWP (Global Warming Potential)   | 2087.5                           |
|   |  |  | Precharged Amount                | g (oz) 2,800 (98.8)              |
|   |  |  | t-CO <sub>2</sub> eq.            | 5.85                             |
|   |  |  | Control                          | Electronic Expansion Valve       |
|   |  |  | Chargeless-Pipe Length           | m (ft) 37.5 (123.0)              |
|   |  |  | Additional Charging Volume       | g/m (oz/ft) 20 (0.22)            |
| Refrigerant Oil                               |  |  | Type                             | FVC68D                           |
|   |  |  | Charged volume                   | cc × No. 900 × 1                 |
| Heat Exchanger                                |  |  | (Row×Column×Fins per inch) × No. | (2 × 38 × 14) × 1                |
| Fan   |  |  | Type                             | Propeller                        |
|   |  |  | Air Flow Rate                    | m <sup>3</sup> /min × No. 60 × 1 |
| Fan Motor                                     |  |  | Type                             | BLDC                             |
|   |  |  | Output                           | W × No. 124.2 × 1                |
| Sound Pressure Level                          |  |  | Cooling Rated                    | dB(A) 49                         |
|   |  |  | Heating Rated                    | dB(A) 53                         |
| Sound Power Level                             |  |  | Max.                             | dB(A) 65                         |
| Piping Connections                            |  |  | Liquid Outer Dia. × No.          | mm(inch) Ø 6.35 (1/4) × 4        |
|   |  |  | Gas Outer Dia. × No.             | mm(inch) Ø 9.52 (3/8) × 4        |
| Piping Length                                 |  |  | Total Piping Max.                | m (ft) 70 (229.7)                |
|   |  |  | Main Piping Standard             | m (ft) -                         |
|   |  |  | Total Branch Max.                | m (ft) -                         |
|   |  |  | Each Branch Standard             | m (ft) 7.5 (24.6)                |
|   |  |  | Max.                             | m (ft) 25 (82.0)                 |
| Maximum Height Difference                     |  |  | ODU-IDU Max.                     | m (ft) 15 (49.2)                 |
|   |  |  | IDU-IDU Max.                     | m (ft) 7.5 (24.6)                |
| Operation Range (Outdoor Temperature)         |  |  | Cooling Min. ~ Max.              | °C(°F)DB -10 (14.0) ~ 48 (118.4) |
|   |  |  | Heating Min. ~ Max.              | °C(°F)WB -18 (-0.4) ~ 18 (64.4)  |

Si riportano di seguito le curve di potenza sonora della macchina in condizioni di raffreddamento e riscaldamento:

## A4UW27GFA2 [MU4M27 U44]



Si dovrà prevedere alla base della pdc esterna un adeguato sistema antivibrante, in modo da eliminare ogni possibile trasmissione per via strutturale. Il sistema proposto è integrativo rispetto agli antivibranti in dotazione delle macchine stesse. Il sistema isolante è il sistema Megamat della Isolgomma il cui dimensionamento definitivo dovrà essere effettuato con la ditta fornitrice in base al peso delle macchine.

|                            |                   | MEGAMAT                |               |               |               |
|----------------------------|-------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                            |                   | ME 500<br>(M10 EPM)    | ME 650        | ME 800        | ME 950        |
| Spessore                   | mm                | 10 - 20 - 30 - 40 - 50 |               |               |               |
| Range di utilizzo statico  | N/mm <sup>2</sup> | 0,050                  | 0,070         | 0,120         | 0,250         |
| Range di utilizzo dinamico | N/mm <sup>2</sup> | 0,050 - 0,350          | 0,070 - 0,700 | 0,120 - 1,200 | 0,250 - 1,500 |
| Carichi massimi            | N/mm <sup>2</sup> | 1,000                  | 2,000         | 3,000         | 4,000         |
| Modulo elastico statico    | N/mm <sup>2</sup> | 0,623                  | 0,120         | 0,240         | 0,440         |
| Modulo elastico dinamico   | N/mm <sup>2</sup> | 1,750                  | 3,600         | 2,400         | 4,450         |
| Compressione al 25%        | N/mm <sup>2</sup> | 0,200                  | 0,396         | 0,634         | 1,125         |
| Fattore di perdita         |                   | 0,143                  | 0,140         | 0,136         | 0,137         |
| Reazione al fuoco          |                   | Classe E               |               |               |               |

- Applicazione lineare previa interposizione di elementi di distribuzione dei carichi (putrella d'appoggio) ai piedi della macchina;

| Area di applicazione<br><i>Area di applicazione</i>   | Carico<br><i>Carico</i>      | Cedimento<br><i>Cedimento</i> |
|---|------------------------------|-------------------------------|
| Range di utilizzo (carico statico)<br><i>Static range of use (static loads)</i>                                   | 0.07 N/mm <sup>2</sup>       | 5%                            |
| Range di utilizzo dinamico (carico statico e dinamico)<br><i>Operating load range (static plus dynamic loads)</i> | 0.07 + 0.7 N/mm <sup>2</sup> | 5% + 30%                      |
| Carichi massimi (carico statico e dinamico)<br><i>Load peaks (short term, infrequent loads)</i>                   | 2.00 N/mm <sup>2</sup>       | 50%                           |

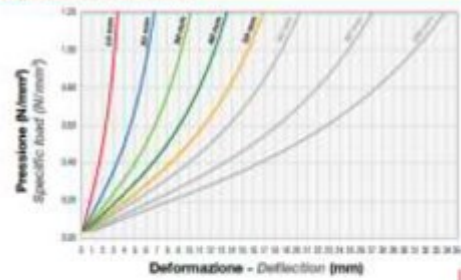


- Applicazione areale previa interposizione di un basamento massivo per la distribuzione dei carichi (es. soletta cls) ai piedi della macchina

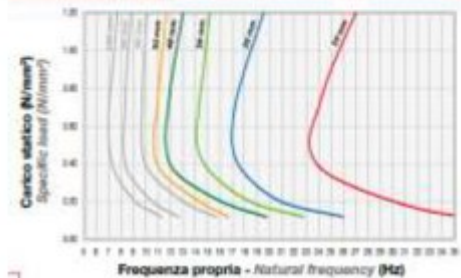
| Area di applicazione<br><i>Area di applicazione</i>   | Carico<br><i>Carico</i>      | Cedimento<br><i>Cedimento</i> |
|---|------------------------------|-------------------------------|
| Range di utilizzo (carico statico)<br><i>Static range of use (static loads)</i>                                   | 0.12 N/mm <sup>2</sup>       | 5%                            |
| Range di utilizzo dinamico (carico statico e dinamico)<br><i>Operating load range (static plus dynamic loads)</i> | 0.12 + 1.2 N/mm <sup>2</sup> | 5% + 30%                      |
| Carichi massimi (carico statico e dinamico)<br><i>load peaks (short term, infrequent loads)</i>                   | 3.00 N/mm <sup>2</sup>       | 50%                           |



Comportamento a compressione  
*Load deflection curve*



Frequenza propria  
*Natural frequency*



## IMPIANTO IDRICO

Per limitare le trasmissioni di vibrazioni del sistema di scarico ogni elemento deve essere desolidarizzato dalle strutture murarie. Le tubazioni devono essere rivestite con materiale elastico resiliente in corrispondenza dei punti di contatto. E' necessario prevedere anche l'interposizione di uno strato di materiale elastico tra l'apparecchio sanitario e la struttura muraria, sia nel contatto a pavimento sia nel contatto a parete nel caso di sanitario sospeso.

I **collettori** dovranno essere inseriti in apposite contropareti e:

- ✓ si deve prevedere una valvola per l'attenuazione del "colpo d'ariete" nella rete di distribuzione, inserendo un dispositivo che permettano l'espansione del liquido come ad esempio valvole limitatrici al collettore di distribuzione dell'acqua
- ✓ I collettori dovranno essere messi in opera avendo cura di posizionare del polietilene reticolato a completo rivestimento della "scatola" in alluminio del collettore.
- ✓ I tubi che si dirameranno dal collettore dovranno essere tutti rivestiti, si tratterà l'acqua fredda come l'acqua calda con calze in polietilene a celle chiuse

**Le tubazioni che si realizzeranno:**

- ✓ sia gli impianti di scarico che gli impianti idrici (sia acqua calda che acqua fredda) saranno realizzati con tubazioni in materiale plastico pesante
- ✓ tutte le tubazioni di adduzione, dovranno essere rivestite con isolante in polietilene a celle chiuse avente spessore almeno di 5 mm per evitare la trasmissione di eventuali vibrazioni alle strutture edilizie
- ✓ utilizzare tubazioni di scarico di tipo insonorizzato il cui valore di rumorosità massima, secondo la norma UNI EN 14366 nella condizione di prova con flusso stazionario dell'acqua di portata 2 lt/s, sia minore o uguale a 18 dB, comunque tubi pesanti o a doppia estrusione.
- ✓ ancorare i condotti già rivestiti con bracciali dotati di sistemi smorzanti: guarnizioni in neoprene o flange. Inoltre i tasselli dovranno essere dotati di O'Ring in gomma. Le colonne di scarico andranno ancorate con bracciali muniti di guarnizioni per smorzare le vibrazioni.
- ✓ installare rubinetterie selezionate tenendo in considerazione anche la disponibilità di certificati di bassa emissione acustica (possibilmente tra quelle classificate nel gruppo acustico 1 secondo le norme UNI EN 817 e UNI EN 200); in particolare, le apparecchiature scelte dovranno garantire un valore  $D_s$  (differenza di livello normalizzato)  $\geq 25$  dB
- ✓ Le tubazioni devono essere rivestire anche nei tratti di raccordo orizzontali
- ✓ Le pompe di circolazione dovranno essere collegate alle tubazioni mediante connettori flessibili e posizionate su supporti antivibranti

**Per limitare tali problematiche si dovrà operare:**

- ✓ utilizzando **tubazioni di scarico** di tipo insonorizzato il cui **valore di rumorosità massima, secondo la norma UNI EN 14366 nella condizione di prova con flusso stazionario dell'acqua di portata 2 lt/s, sia minore o uguale a 18 dB**, comunque tubi pesanti o a doppia estrusione tipo VALSIR MODELLO SILERE, POLO-KAL NG oppure linee quali GEBERIT SILENT, FARAPLAN, BAMPI con le medesime caratteristiche.
- ✓ **rivestendo le colonne** con polietilene estruso espanso a celle chiuse spessore 10 mm e foglio di lana di roccia spessore 15 – 20 mm densità 40 Kg/mc e richiuse con doppia lastra cartongesso e 5 cm di lana minerale

- ✓ **ancorando i condotti** già rivestiti con bracciali dotati di sistemi smorzanti: guarnizioni in neoprene o flange tipo polo clip o polo clip hs della ditta bampi. Inoltre i tasselli dovranno essere dotati di O'Ring in gomma Le colonne di scarico andranno ancorate con bracciali muniti di guarnizioni per smorzare le vibrazioni. **EVITARE DI TASSELLARE AL CEMENTO ARMATO**



figura 9: colonna di scarico rivestita con collare antivibrante

- ✓ Avere particolare cura che la lana a rivestimento sia inserita anche nell'attraversamento dei solai e delle strutture (fori nei solai)

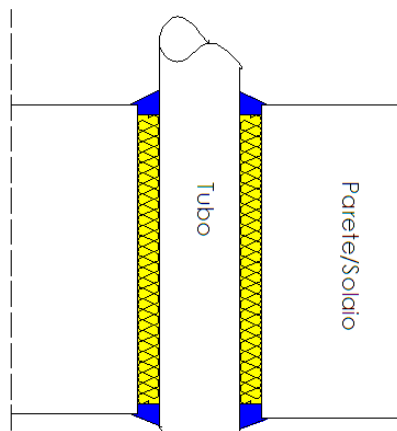


Figura 10: Soluzione costruttiva per isolare vibrazioni nel punto in cui il tubo attraversa le strutture

- ✓ **evitando** che i tubi di scarico dei bagni corrano a **pavimento** per tratti superiori a 50 cm, ovvero lo stretto necessario per passare dal sanitario alla colonna, e che siano a diretto contatto con strutture in c.a.

- ✓ realizzando controparete per l'alloggio della cassetta del WC o cassetta esterna: - rivestire la cassetta wc con foglio in polietilene e usare sistemi silenziati e smorzati

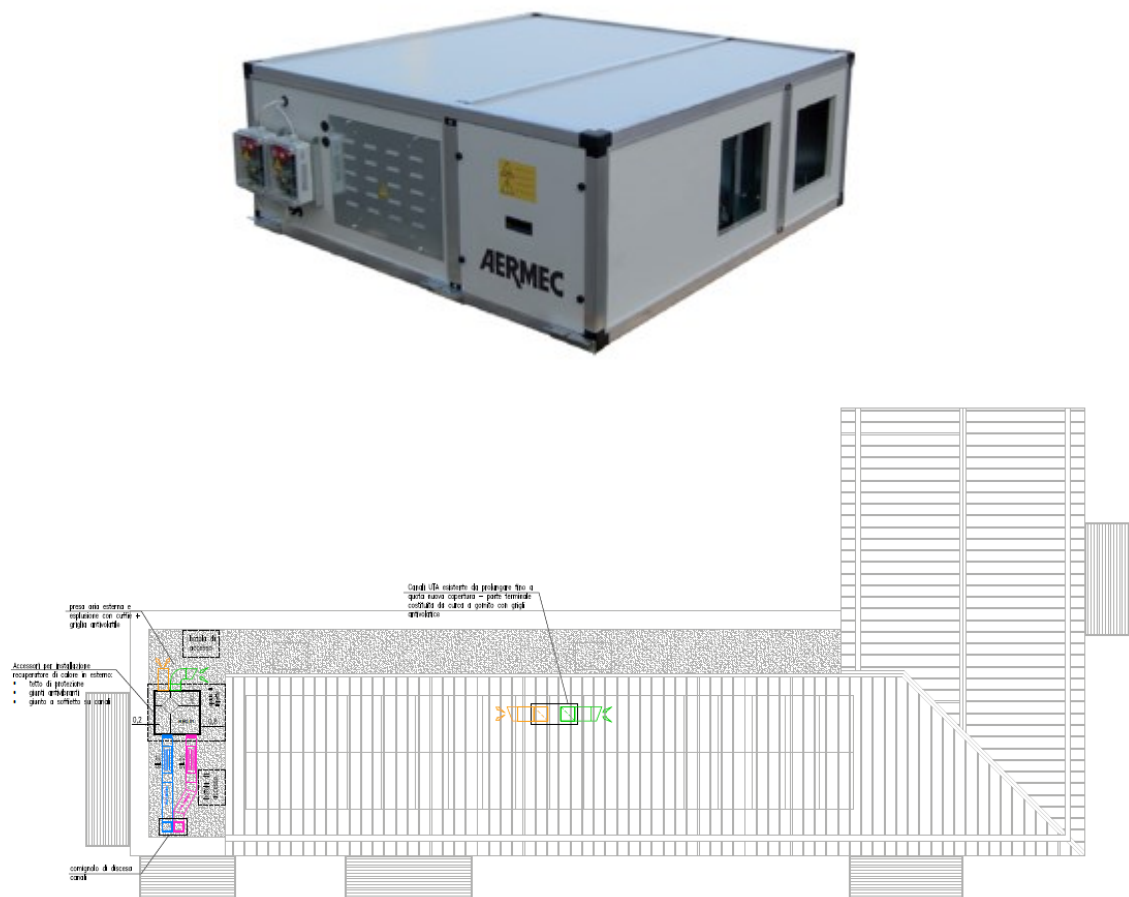


Figura 11: esempi di contropareti per alloggio cassette wc o cassetta esterna

- ✓ installando **rubinetterie** selezionate tenendo in considerazione anche la disponibilità di certificati di bassa emissione acustica (possibilmente tra quelle classificate nel gruppo acustico 1 secondo le norme UNI EN 817 e UNI EN 200); in particolare, le apparecchiature scelte dovranno garantire un valore  $D_s$  (differenza di livello normalizzato)  $\geq 25$  dB
- ✓ Le colonne di scarico sono inserite in appositi cavedi realizzati con doppia lastra di cartongesso e lana minerale da 4cm 40 kg/mc su tutti e 4 i lati.

## RECUPERATORE DI CALORE DI CALORE

Installazione di recuperatore di calore esterno in copertura, a flussi incrociati, portata 1500 mc/h



PLANIMETRIA COPERTURA - SCALA 1:100

Figura 12: Posizione recuperatore - Copertura

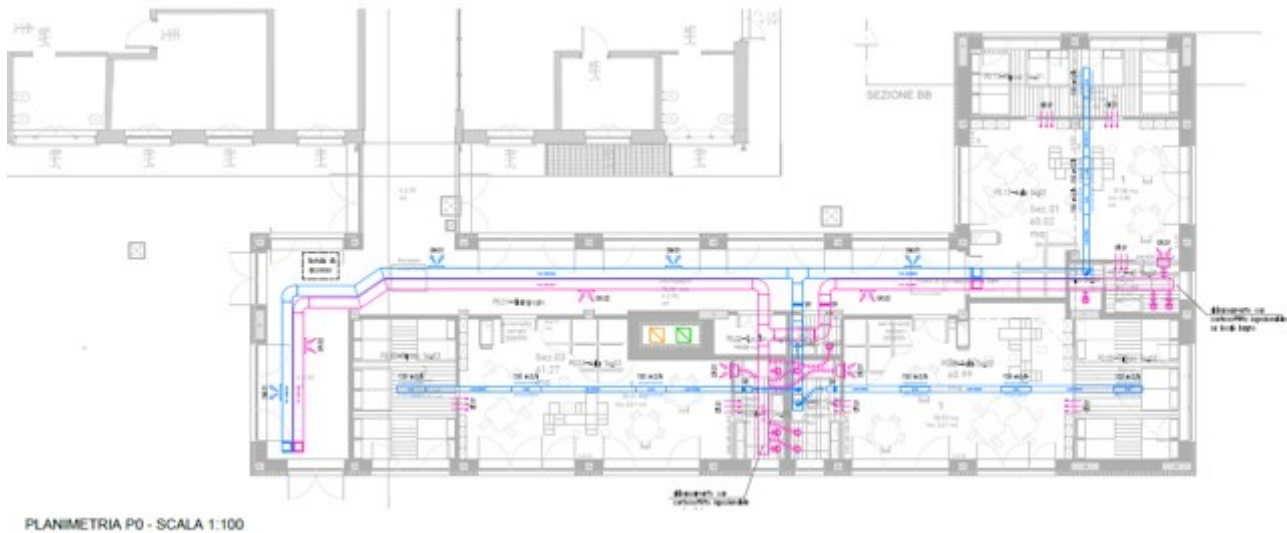


Figura 13: Posizione canalizzazioni - Piano Terra

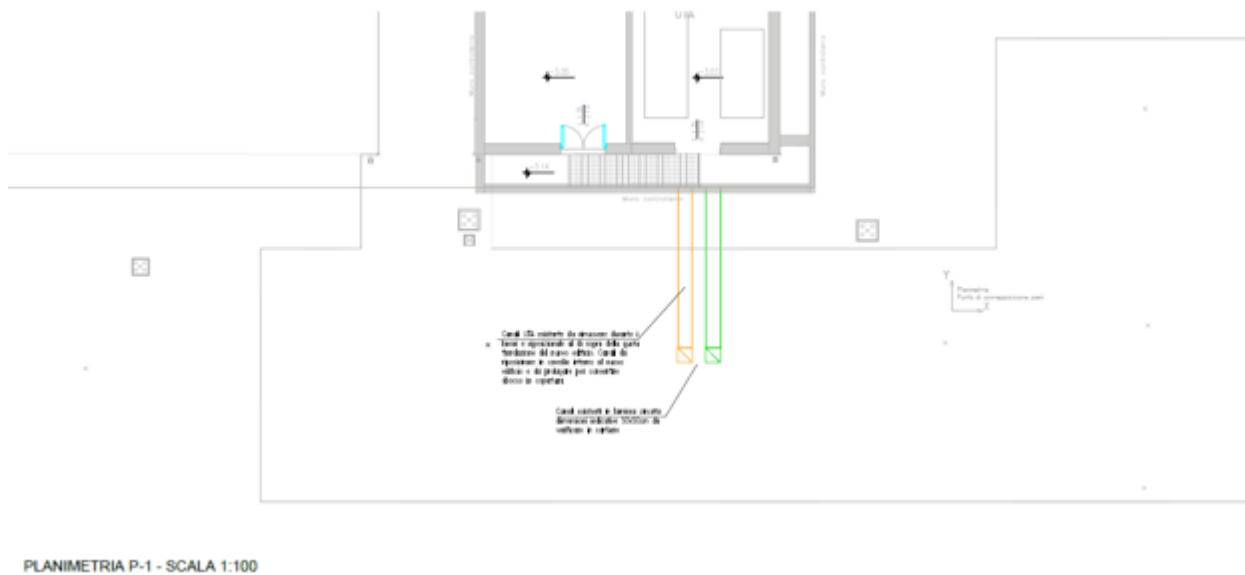


Figura 14: Posizione canali UTA esistenti - Piano Terra

Per diminuire la rumorosità della macchina all'interno delle aule e per evitare che vi siano fenomeni di cross talk è necessario inserire in ingresso ad ogni sezione un silenziatore che abbia un abbattimento di 25 dB .

Attenzione al passaggio nella parete di separazione fra i bagni della sezione 2 e 3: richiudere con fibra di poliestere o lana le fessure che si lasciano fra parete e canali e richiudere con cartongesso .

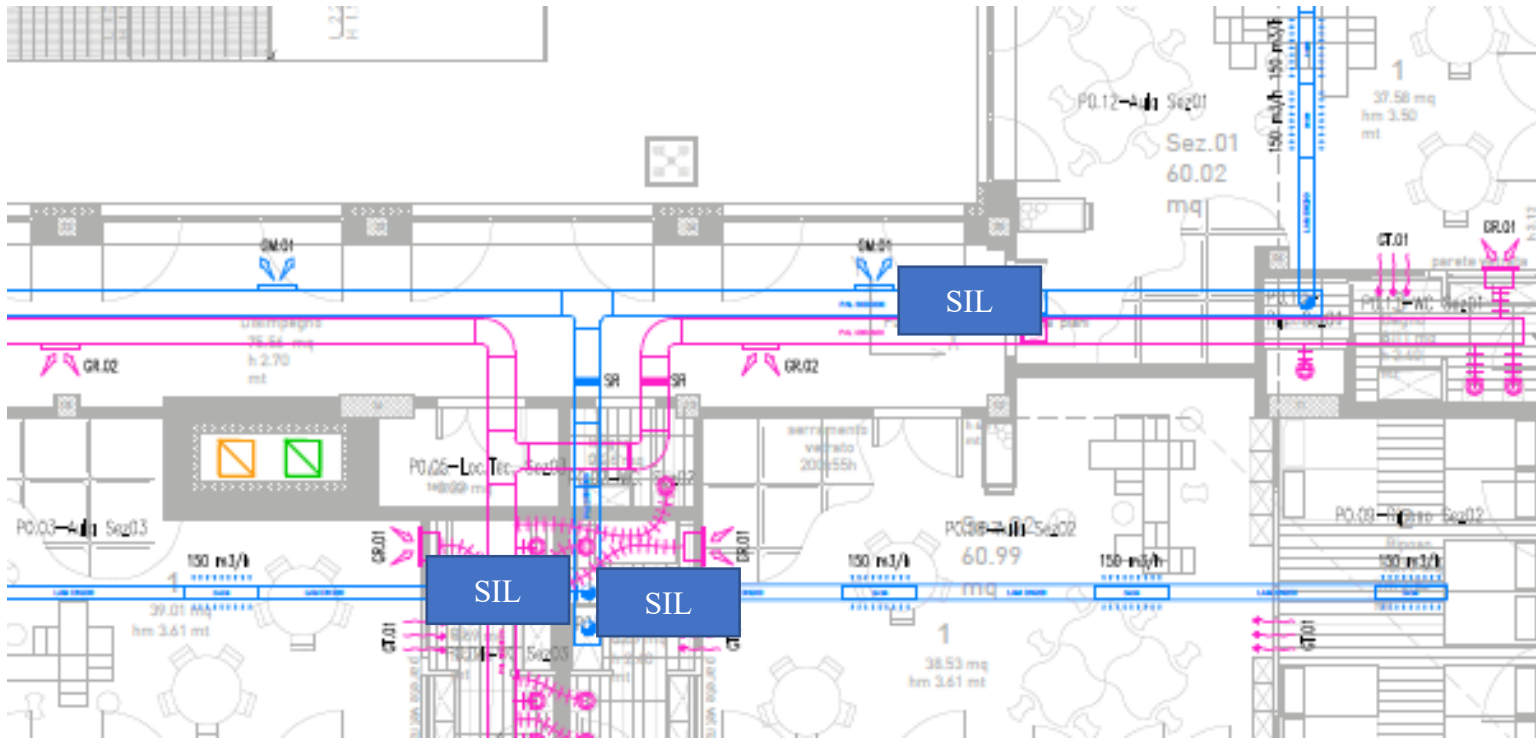


Figura 15: Inserimento silenziatori canali di mandata

Per la ripresa invece si inseriscono per tutti gli stacchi dal canale principale alle bochette canali flessibili microforati tipo Sondec della FCR, per almeno 1 mt di lunghezza:

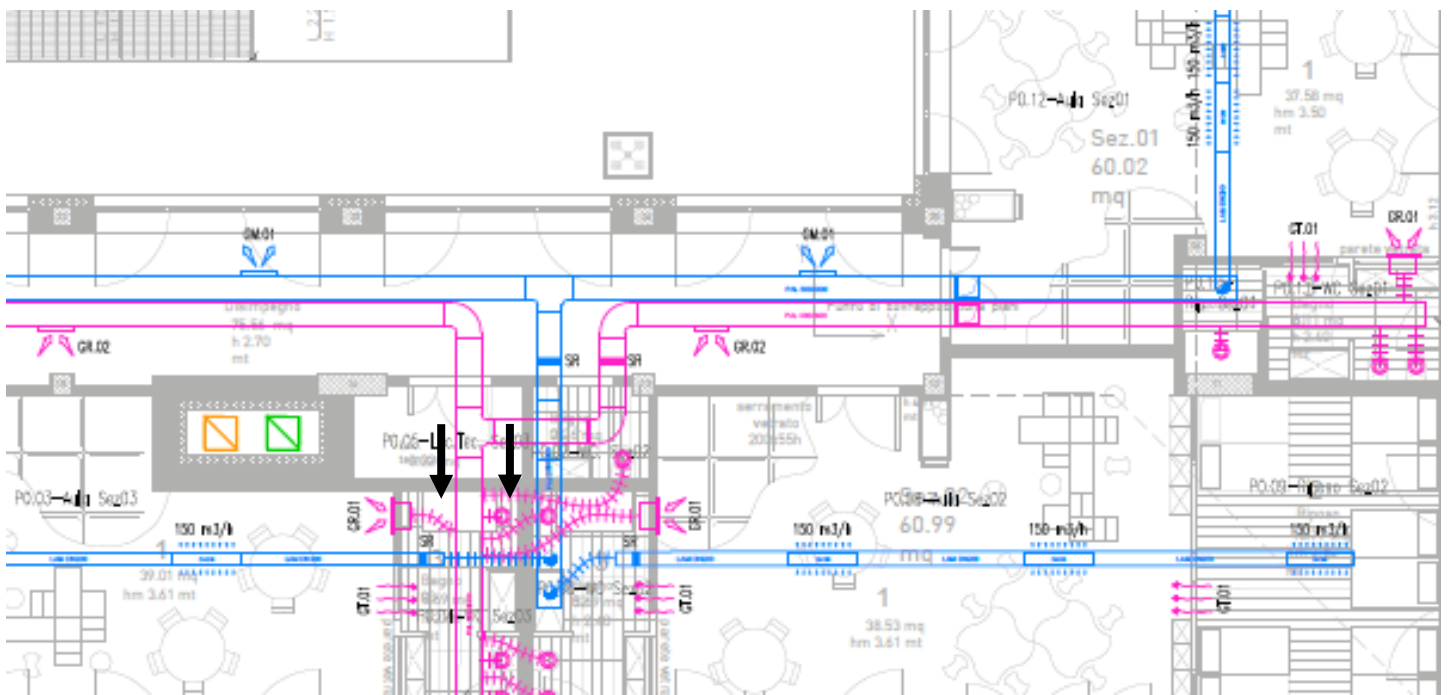


Figura 16: stacchi dai canali di ripresa principali con tubazioni tipo Sondec della FCR

| MODELLO URHE_CF   |               | 10       | 15       | 25         | 33         |
|---|---------------|----------|----------|------------|------------|
| Portata nominale aria esterna                           | [m³/h]        | 1000     | 1500     | 2500       | 3300       |
| Portata nominale aria ripresa                           | [m³/h]        | 1000     | 1500     | 2500       | 3300       |
| Portate minime aria                                     | [m³/h]        | 800      | 1000     | 2000       | 2500       |
| Pressione statica disponibile in mandata                | (1) [Pa]      | 320      | 245      | 140        | 220        |
| Pressione statica disponibile in ripresa                | (1) [Pa]      | 320      | 245      | 140        | 220        |
| Potenza termica totale (rec. + compr.)                  | (3) [kW]      | 7,5      | 14,2     | 24,8       | 33,1       |
| Potenza frigorifera totale (rec. + compr.)              | (2) [kW]      | 6,6      | 8,7      | 13,8       | 19,8       |
| Potenza termica disponibile                             | (3) [kW]      | 2,8      | 2,9      | 3,9        | 7,0        |
| Potenza frigorifera disponibile                         | (2) [kW]      | 1,8      | 3,1      | 3,3        | 5,4        |
| Potenza termica recuperata                              | (3) [kW]      | 3,6      | 10,0     | 15,3       | 19,6       |
| Potenza frigorifera recuperata                          | (2) [kW]      | 2,2      | 3,2      | 4,5        | 5,8        |
| Potenza termica circuito frigorifero                    | (3) [kW]      | 3,9      | 4,2      | 9,5        | 13,5       |
| Potenza frigorifera circuito frigorifero                | (2) [kW]      | 4,4      | 5,5      | 9,3        | 14,0       |
| Potenza assorbita totale regime invernale               | (3) [kW]      | 2,2      | 2,4      | 4,2        | 4,9        |
| Potenza assorbita totale regime estivo                  | (2) [kW]      | 2,6      | 2,9      | 5,1        | 6,5        |
| Livello di pressione sonora                             | (4) [dB(A)]   | 58       | 59       | 64         | 70         |
| Alimentazione elettrica                                 | ph-V-Hz       | 1-230-50 | 1-230-50 | 3+N-400-50 | 3+N-400-50 |
| <b>RECUPERATORE</b>                                     |               |          |          |            |            |
| Efficienza in regime invernale                          | [%]           | 82       | 80       | 73         | 71         |
| Efficienza in regime estivo                             | [%]           | 82       | 80       | 68         | 65         |
| <b>VENTILATORI</b>                                      |               |          |          |            |            |
| Numero ventilatori                                      |               | 2        | 2        | 2          | 2          |
| Potenza assorbita nominale totale ventilatori           | [kW]          | 0,9      | 0,9      | 2,1        | 2,1        |
| Assorbimento massimo totale ventilatori                 | [A]           | 7,6      | 7,6      | 10,5       | 10,5       |
| Grado di protezione                                     | IP            | 55       | 55       | 55         | 55         |
| <b>FILTRI (di serie)</b>                                |               |          |          |            |            |
| Classificazione secondo EN779                           |               | G4       | G4       | G4         | G4         |
| Efficienza ponderale                                    | [%]           | 90       | 90       | 90         | 90         |
| Classificazione secondo EN779 (filtri accessori)        |               | F7       | F7       | F7         | F7         |
| Perdita di carico aggiuntiva per filtri F7 (accessorio) | $\Delta$ [Pa] | 35       | 59       | 58         | 63         |
| <b>CIRCUITO FRIGORIFERO (COMPRESSORE)</b>               |               |          |          |            |            |
| Refrigerante  |               | R410A    | R410A    | R410A      | R410A      |
| Potenza assorbita compressore regime inv.               | (3) [kW]      | 1,3      | 1,5      | 2,1        | 2,8        |
| Potenza assorbita compressore regime est.               | (2) [kW]      | 1,7      | 2,0      | 2,8        | 4,4        |
| Assorbimento massimo compressore                        | [A]           | 10,0     | 11,0     | 7,0        | 10,3       |
| <b>VASCA RACCOLTA CONDENZA</b>                          |               |          |          |            |            |
| Diametro scarico vasca raccolta condensa                | [in]          | 1"       | 1"       | 1"         | 1"         |

**ATTENZIONE:** I regolatori elettronici forniti a bordo macchina consentono di regolare la portata d'aria nei limiti del +/- 15% rispetto alla nominale in modo da effettuare la taratura dell'impianto. Una volta che la taratura è comple-

tata i regolatori non devono essere toccati.

(1) Alimentazione ventilatore: 230 V; portata aria nominale; senza accessori;

(2) Condizioni di funzionamento: aria di ripresa 26°C 50%, aria esterna 34°C 50%;

(3) Condizioni di funzionamento: aria di ripresa 20°C 50%, aria esterna -5°C 80%;

(4) Ad 1 m di distanza in campo libero e con bocche canalizzate.

• **Dati sonori esterno pannello:** (dati rilevati a 1m di distanza dall'unità, bocca di mandata del ventilatore canalizzata e in campo libero)

| URHE_CF | Pressione sonora per frequenza centrale di banda (Hz) |        |        |        |         |         |         |         | Press. sonora Totale dB | Press. sonora Totale dB (A) | Pot. sonora Totale dB (A) |
|---------|---|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|         | 63 dB   | 125 dB | 250 dB | 500 dB | 1000 dB | 2000 dB | 4000 dB | 8000 dB |                         |                             |                           |
| 10      | 55  | 54     | 56     | 54     | 55      | 46      | 40      | 33      | 61                      | 58                          | 66                        |
| 15      | 61  | 66     | 63     | 60     | 56      | 54      | 49      | 36      | 62                      | 59                          | 69                        |
| 25      | 62  | 65     | 68     | 66     | 64      | 59      | 52      | 40      | 68                      | 64                          | 72                        |
| 33      | 63  | 69     | 70     | 68     | 65      | 60      | 53      | 41      | 73                      | 70                          | 75                        |

• **Attenuazione dei dati sonori con MSS - Modulo con setti silenziatori (accessorio)**

|     | 63 dB | 125 dB | 250 dB | 500 dB | 1000 dB | 2000 dB | 4000 dB | 8000 dB |
|-----|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| MSS | 9     | 0      | 2      | 5      | 5       | 9       | 14      | 11      |

Seguendo le indicazioni sopra riportate, inserendo i silenziatori ove indicato e i canali flessibili ..., vengono rispettati i limiti richiesti per gli impianti sia ad uso discontinuo sia ad uso continuo.

## VALUTAZIONE PARAMETRI DI LEGGE E CONCLUSIONI

La descrizione del progetto ivi svolta, consiste nello studio acustico completo del polo scolastico nel comune di Concesio (BS)

Lo studio ha contemplato:

1. L'identificazione delle tipologie costruttive da adottare per il soddisfacimento dei parametri previsti dal D.P.C.M. 5.12.97 e dai CRITERI AMBIENTALI MINIMI
2. L'identificazione delle caratteristiche dei serramenti per il soddisfacimento dell'isolamento di facciata
3. L'identificazione di tutti gli accorgimenti da adottare, in relazioni ad ogni singolo impianto previsto a servizio dell'edificio, al fine di rispettare i valori limite dei parametri vigenti

**È rilevante evidenziare che tutto quanto descritto nel progetto deve essere trasmesso agli operatori di cantiere, in quanto la messa in opera di ogni singolo elemento è di fondamentale importanza per la buona riuscita del progetto e la rispondenza a quanto ivi contenuto, il progettista acustico non risponde della messa in opera degli elementi sopra riportati e i cambiamenti in corso d'opera devono essere rivalutati anche acusticamente.**

Cremona 18 Settembre 2024

Il tecnico

**Dott. Ing. Alessia Carrettini**  
Tecnico Competente in Acustica  
(D.P.G.R. Lombardia n°6446/09)



## APPENDICE 1: NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

### NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

#### **UNI EN ISO 12354 (2017)**

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti

Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno

Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici

#### **UNI EN 12354**

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi (2006)

**UNI TR 11175 (2021)** – Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale

**UNI 11532-1:2018** – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinanti

**UNI 11532:2: 2020** - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinanti – Metodo di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2 settore scolastico

**UNI 11367** – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera

### NORME TECNICHE PER LA MISURA IN OPERA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

UNI EN ISO 16283-1:2018

**Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea**

UNI EN ISO 16283-2:2020

**Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio**

UNI EN ISO 16283-3:2016

**Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata**

UNI EN ISO 16032:2005

**Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici – Metodo tecnico progettuale**

UNI EN ISO 10052:2010

**Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti – Metodo di controllo**

UNI 8199:2016

**Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti**

UNI EN ISO 3382

**Misurazione dei parametri acustici degli ambienti (Tempo di riverberazione e altri parametri)**

**Parte 1: Sale da spettacolo**

**Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari**

**Parte 3: Open space**

EN 60268-16:2020

**Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index** (Misura di STI: Speech Transmission Index – Indice di intelligibilità del parlato)  
Per approfondimenti:

**NORME TECNICHE PER LA POSA IN OPERA DI SISTEMI COSTRUTTIVI**

**UNI 11296:2024** (Posa serramenti)

**Acustica in edilizia – Posa in opera di serramenti e altri componenti di facciata – Criteri finalizzati all’ottimizzazione dell’isolamento acustico di facciata dal rumore esterno**

**UNI 11516:2013** (Posa massetti galleggianti)

Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l’isolamento acustico

**CALCOLO DEGLI INDICI DI VALUTAZIONE**

**UNI EN ISO 717** Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

Parte 1 – Isolamento di rumori aerei;

Parte 2 – Isolamento di rumore di calpestio.

## APPENDICE 2: MODELLI DI CALCOLO PER I PARAMETRI ACUSTICI

### POTERE FONOISOLANTE $R_w$

Come definito anche dalle vigenti norme in materia di acustica, il parametro che descrive l'isolamento acustico per via aerea tra due ambienti adiacenti è il **Potere Fonoisolante** definito come:

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{\tau} \right)$$

ove  $\tau$ , coefficiente di trasmissione, è definito dal rapporto energetico tra l'energia trasmessa ( $E_t$ ) e l'energia incidente ( $E_i$ ):

**Nella realtà, oltre alla trasmissione diretta, all'interno degli edifici avvengono anche altre trasmissioni per via solida dovute agli elementi strutturali che compongono l'edificio stesso.** Pertanto il suono all'interno degli edifici si propaga:

- per *Trasmissione diretta*: la trasmissione del rumore avviene attraverso il solo elemento considerato
- per *Trasmissioni laterali*: trasmissione del rumore attraverso gli elementi strutturali adiacenti l'elemento in analisi

Per tenere conto anche delle perdite di isolamento dovute alle trasmissioni laterali, si definisce un ulteriore parametro, che è il Potere Fonoisolante Apparente.

Ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente tra due ambienti adiacenti, si deve quindi determinare il valore del potere fonoisolante per ogni singolo percorso di trasmissione laterale, mediante la relazione:

$$\text{dove: } R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad \text{dB}$$

$R_{i,w}$  è il potere fonoisolante della struttura  $i$  (dB)

$\Delta R_{ij,w}$  = incremento del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso  $i$ - $j$  (dB)

$K_{ij}$  = indice di riduzione delle vibrazioni del percorso  $i$ - $j$  (dB)

$S_s$  = superficie della partizione (mq)

$l_0$  = lunghezza di riferimento (1 m)

$l_f$  = lunghezza del giunto tra le strutture considerate (m)

Dalla determinazione di tali parametri è possibile ricavare il valore del potere fonoisolante apparente  $R'_w$ , secondo la relazione:

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad \text{dB}$$

dove:

$R_{Dd,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta

$R_{Ff,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Ff

$R_{Df,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Df

$R_{Fd,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Fd

n = numero di elementi laterali dei due ambienti, di solito 4

## ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE $D_{nT}$

La norma volontaria inserisce il nuovo parametro  $D_{nT}$ : Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione. Il parametro è così definito secondo la Norma UNI 11367:

$$D_{nT} = D + 10\lg(T/T_0)$$

dove:

D = indica la differenza di isolamento tra ambiente L1 ed ambiente L2

$T_0 = 0.5$  s tempo di riverbero di riferimento

T = tempo riverberazione stimato nell'ambiente ricevente

## ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2M,NTW}$

L'isolamento acustico standardizzato di facciata è direttamente correlato al potere fonoisolante apparente  $R'_w$  (cioè all'isolamento effettivo in opera, determinato dalle trasmissioni dirette e laterali) ed è definito come di seguito riportato:

$$D_{nT} = R' + 10\lg\left(\frac{0.16V}{(T_0 * S)}\right)$$

dove

$R'$  = potere fonoisolante apparente, composto nel caso di combinazione di parti opache e parti vetrate

$T_0$  = tempo di riverbero di riferimento, pari a 0.5 secondi

S = superficie della facciata del locale (mq)

V = volume dell'ambiente in analisi (mc)

Si deve considerare inoltre una differenza di livello dettata dalla geometria della facciata  $\Delta L_{fs}$ .

## RUMORE DA CALPESTIO E TRASMISSIONI STRUTTURALI

La norma EN 12354-2 prevede una procedura di calcolo semplificata per il livello di calpestio:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

dove:

$L_{n,w,eq}$  = indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato;

$\Delta L_w$  = indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento di pavimentazione;

K = correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le strutture laterali.

## TEMPO DI RIVERBERO T60

Per tempo di riverberazione si intende il tempo, in secondi, impiegato dal suono per attenuarsi di 60 dB dopo che la sorgente ha cessato di emetterlo. I tempi di riverberazione per ogni banda di frequenza possono essere calcolati dalla formula di Sabine

$$T_{60}=0,163V/A$$

Dove

V= Volume dell'ambiente (mc)

A = Assorbimento totale (mq sabine)

L'assorbimento totale in un locale ad una data frequenza è la somma degli assorbimenti, a quella frequenza di tutti i materiali presenti

$$A=\sum S\alpha=\sum a$$

Dove

S=superficie (mq)

$\alpha$ = coefficiente di assorbimento

A= assorbimento di ogni materiale (mq sabine)

Il valore di assorbimento in un materiale varia con la frequenza . Per confrontare gli assorbimenti dei vari materiali all'interno della gamma del parlato si utilizza  $\alpha_w$  che è uguale a:

$$\alpha_w = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})/4$$

## INDICE DI TRASMISSIONE DEL PARLATO STI

L'indice di trasmissione del parlato STI è la grandezza fisica che rappresenta la qualità di trasmissione del parlato in relazione all'intellegibilità

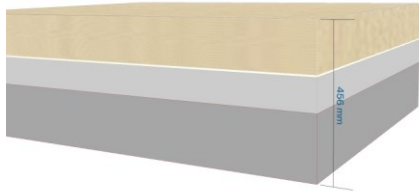
## **APPENDICE 2: VALUTAZIONE ACUSTICA PACCHETTI – SOFTWARE INSUL**

Sound Insulation Prediction (v9.0.22)



Program copyright Marshall Day Acoustics 2017  
 Margin of error is generally within  $R_w \pm 3$  dB  
 - Key No. 5102  
 Job Name:  
 Job No.: Initials:  
 Date: 19/09/24  
 File Name: cavedio.ixl

Notes:



**R<sub>w</sub> 53 dB**  
 C -2 dB  
 Ctr -4 dB

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

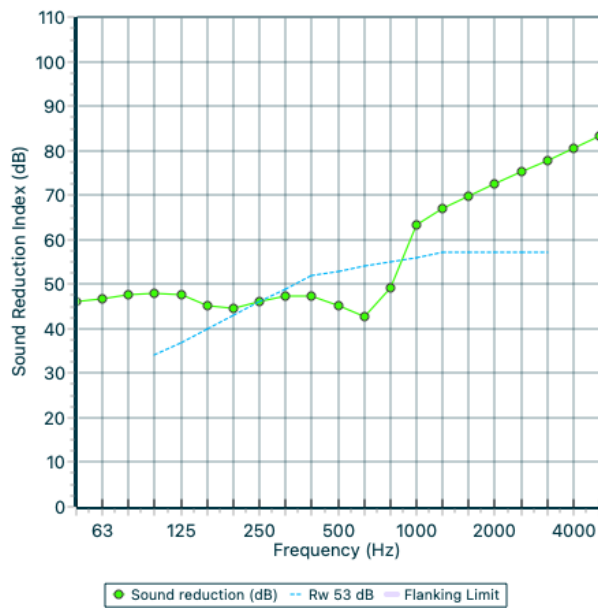
Partition surface mass = 626 kg/m<sup>2</sup>

System description

Panel 1 : 1 x 149,9 mm Paroc AST T 150mm Panel  
 + 1 x 100 mm Lightweight concrete

+ 1 x 6 mm NuClad  
 + 1 x 200 mm Concrete

| freq.(Hz) | R(dB) | R(dB) |
|-----------|-------|-------|
| 50        | 46    |       |
| 63        | 47    | 47    |
| 80        | 48    |       |
| 100       | 48    |       |
| 125       | 48    | 47    |
| 160       | 45    |       |
| 200       | 45    |       |
| 250       | 46    | 46    |
| 315       | 47    |       |
| 400       | 47    |       |
| 500       | 45    | 45    |
| 630       | 43    |       |
| 800       | 49    |       |
| 1000      | 63    | 54    |
| 1250      | 67    |       |
| 1600      | 70    |       |
| 2000      | 72    | 72    |
| 2500      | 75    |       |
| 3150      | 78    |       |
| 4000      | 81    | 80    |
| 5000      | 83    |       |

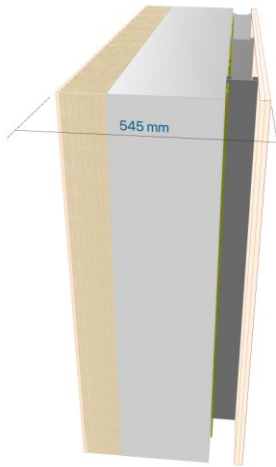


Sound Insulation Prediction (v9.0.22)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017  
 Margin of error is generally within  $R_w \pm 3$  dB  
 - Key No. 5102  
 Job Name:  
 Job No.:  
 Date: 19/09/24  
 File Name:

Initials:

Notes:



**R<sub>w</sub> 61 dB**  
 C -1 dB  
 Ctr -5 dB

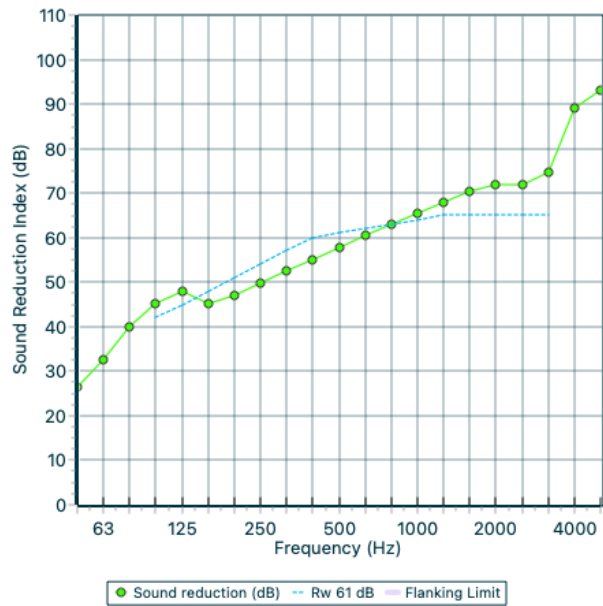
Mass-air-mass resonant frequency = 44 Hz  
 Panel Size = 2,7 m x 4,0 m  
 Partition surface mass = 273 kg/m<sup>2</sup>

System description

Panel 1 : 1 x 10 mm Plasterboard + 1 x 300 mm Hollow Conc Blocks (760kg/m<sup>3</sup>) + 1 x 120 mm Paroc AST S 120mm Panel

Frame: Steel Stud (0.55mm) (89 mm x 38 mm), Stud spacing 600 mm; Cavity Width 89 mm, 1 x Fibreglass (10kg/m<sup>3</sup>) Thickness 10 mm  
 Panel 2 : 2 x 13 mm CSR Gyprock 13mm standard plasterboard

| freq.(Hz) | R(dB) | R(dB) |
|-----------|-------|-------|
| 50        | 26    |       |
| 63        | 33    | 30    |
| 80        | 40    |       |
| 100       | 45    |       |
| 125       | 48    | 46    |
| 160       | 45    |       |
| 200       | 47    |       |
| 250       | 50    | 49    |
| 315       | 52    |       |
| 400       | 55    |       |
| 500       | 58    | 57    |
| 630       | 60    |       |
| 800       | 63    |       |
| 1000      | 66    | 65    |
| 1250      | 68    |       |
| 1600      | 70    |       |
| 2000      | 72    | 71    |
| 2500      | 72    |       |
| 3150      | 75    |       |
| 4000      | 89    | 79    |
| 5000      | 93    |       |



## Sound Insulation Prediction (v9.0.22)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017

Margin of error is generally within  $R_w \pm 3$  dB

- Key No. 5102

Job Name:

Initials:

Job No.:

Date: 19/09/24

File Name: \\Volumes\Acustica Backup\LAVORI IN CORSO\ZAMBOTTI ASILO\RAP:SEPARAZIONE.ixl

Notes:



**R<sub>w</sub> 56 dB**  
**C -4 dB**  
**Ctr -11 dB**

Mass-air-mass resonant frequency = 58 Hz

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 35,4 kg/m<sup>2</sup>

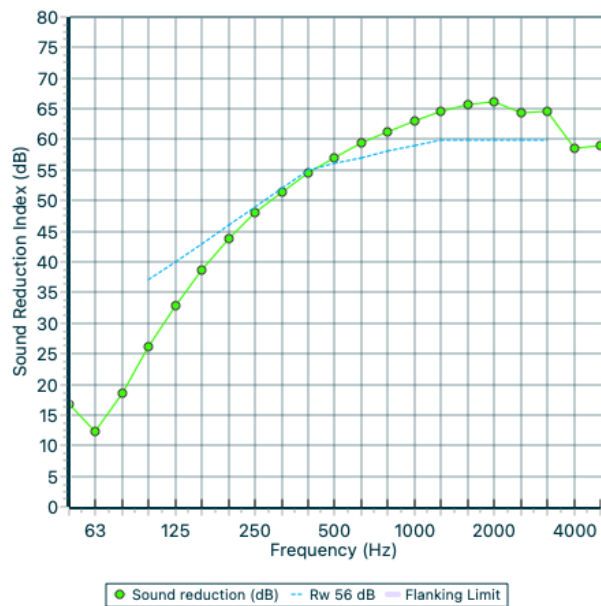
## System description

Panel 1 : 2 x 10 mm Plasterboard

Frame: Steel Stud (0.55mm) (1E2 mm x 38 mm), Stud spacing 600 mm; Cavity Width 100 mm, 1 x Steinwolle (48kg/m<sup>3</sup>) Thickness 90 mm

Panel 2 : 2 x 13 mm CSR Gyprock 13mm standard plasterboard

| freq.(Hz) | R(dB) | R(dB) |
|-----------|-------|-------|
| 50        | 17    |       |
| 63        | 12    | 15    |
| 80        | 19    |       |
| 100       | 26    |       |
| 125       | 33    | 30    |
| 160       | 39    |       |
| 200       | 44    |       |
| 250       | 48    | 47    |
| 315       | 51    |       |
| 400       | 54    |       |
| 500       | 57    | 57    |
| 630       | 59    |       |
| 800       | 61    |       |
| 1000      | 63    | 63    |
| 1250      | 65    |       |
| 1600      | 66    |       |
| 2000      | 66    | 65    |
| 2500      | 64    |       |
| 3150      | 65    |       |
| 4000      | 59    | 60    |
| 5000      | 59    |       |



## APPENDICE 3: CALCOLI FACCIATA

## SEZIONE 1

### Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea UNI EN 12354-3

$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6T_0 S} \text{ dB} = 49$

$R' = -10 \lg \left( \sum_{j=1}^n \tau_{e,j} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \text{ dB} = 46,69$

$\tau_{e,j} = \frac{S_j}{S} 10^{-R_j/10}$

$\tau_{e,j} = \frac{A_0}{S} 10^{-D_{n,e,j}/10}$

|            | superficie | Rw    | $\tau_{e,j}$ |
|------------|------------|-------|--------------|
| muratura   | 13,56      | 61,00 | 0,0000003836 |
| serramenti | 14,52      | 47,00 | 0,0000103174 |

|               | superficie | Dnrew | $\tau_{e,j}$ |
|---------------|------------|-------|--------------|
| piccoli elem. | 0,00       | 51,00 | 0,0000028288 |

$V$  è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

$S$  è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadri;

$\Delta L_{fs}$  è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in decibel.

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento, in secondi; per le abitazioni = 0,5 s.

$\tau_{e,i}$  è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento  $i$  di facciata, dovuto alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

$\tau_f$  è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da una facciata o da un elemento laterale  $f$  nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

$n$  è il numero di elementi della facciata per la trasmissione diretta;

$m$  è il numero degli elementi laterali della facciata.

Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile. Tuttavia, se elementi rigidi (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale; ciò potrebbe diventare rilevante se sono richiesti requisiti elevati.

Ne consegue che, nella maggior parte dei casi, non è necessario calcolare il contributo della trasmissione laterale. Per lasciare un margine di sicurezza, nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi, sarebbe sufficiente incorporare la trasmissione laterale in modo globale, diminuendo il potere fonoisolante per questo tipo di elementi di facciata rigidi e pesanti; è generalmente sufficiente sottrarre 2 dB.

$R_j$  è il potere fonoisolante dell'elemento  $i$ , in decibel;

$S_j$  è l'area dell'elemento  $i$ , in metri quadri.

$D_{n,e,j}$  è l'isolamento acustico normalizzato di un piccolo elemento  $i$ , in decibel;

$S$  è l'area totale della facciata, vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi), in metri quadri.

$A_0 = 10 \text{ m}^2$

## SEZIONE 2

### Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea UNI EN 12354-3

$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6 T_0 S} \text{ dB} = 49$

$R' = -10 \lg \left( \sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \text{ dB} = 46,55$

$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}$     muratura  
serramenti

| superficie | Rw    | $\tau_{e,i}$ |
|------------|-------|--------------|
| 12,66      | 61,00 | 0,000003700  |
| 14,52      | 47,00 | 0,0000106590 |

$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} 10^{-D_{n,e,i}/10}$     piccoli elem.

| superficie | Dnew  | $\tau_{e,i}$ |
|------------|-------|--------------|
| 0,00       | 51,00 | 0,0000029225 |

$V$  è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

$S$  è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadri;

$\Delta L_{fs}$  è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in decibel.

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento, in secondi; per le abitazioni = 0,5 s.

$\tau_{e,i}$  è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento  $i$  di facciata, dovuto alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

$\tau_f$  è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da una facciata o da un elemento laterale  $f$  nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

$n$  è il numero di elementi della facciata per la trasmissione diretta;

$m$  è il numero degli elementi laterali della facciata.

Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile. Tuttavia, se elementi rigidi (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale; ciò potrebbe diventare rilevante se sono richiesti requisiti elevati. Ne consegue che, nella maggior parte dei casi, non è necessario calcolare il contributo della trasmissione laterale. Per lasciare un margine di sicurezza, nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi, sarebbe sufficiente incorporare la trasmissione laterale in modo globale, diminuendo il potere fonoisolante per questo tipo di elementi di facciata rigidi e pesanti; è generalmente sufficiente sottrarre 2 dB.

$R_i$  è il potere fonoisolante dell'elemento  $i$ , in decibel;

$S_i$  è l'area dell'elemento  $i$ , in metri quadri.

$D_{n,e,i}$  è l'isolamento acustico normalizzato di un piccolo elemento  $i$ , in decibel;

$S$  è l'area totale della facciata, vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi), in metri quadri.

$A_0 = 10 \text{ m}^2$

**0**                      **221,98**

↓                              ↓

**27,18**

↓

**0,50** ←  $T_0$

## SEZIONE 3

### Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea UNI EN 12354-3

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6T_0S} \text{ dB} = 49$$

$V$  è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

$S$  è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadrati;

$\Delta L_{fs}$  è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in decibel.

$T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento, in secondi; per le abitazioni = 0,5 s.

$$R' = -10 \lg \left( \sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \text{ dB} = 44,69$$

$\tau_{e,i}$  è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento  $i$  di facciata, dovuto alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

$\tau_f$  è il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da una facciata o da un elemento laterale  $f$  nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

$n$  è il numero di elementi della facciata per la trasmissione diretta;

$m$  è il numero degli elementi laterali della facciata.

Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile. Tuttavia, se elementi rigidi (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale; ciò potrebbe diventare rilevante se sono richiesti requisiti elevati.

Ne consegue che, nella maggior parte dei casi, non è necessario calcolare il contributo della trasmissione laterale. Per lasciare un margine di sicurezza, nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi, sarebbe sufficiente incorporare la trasmissione laterale in modo globale, diminuendo il potere fonoisolante per questo tipo di elementi di facciata rigidi e pesanti; è generalmente sufficiente sottrarre 2 dB.

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}$$

|            | superficie | Rw    | $\tau_{e,i}$ |
|------------|------------|-------|--------------|
| muratura   | 7,43       | 61,00 | 0,0000004024 |
| serramenti | 7,24       | 45,00 | 0,0000156044 |

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} 10^{-D_{n,e,i}/10}$$

|               | superficie | Dnew  | $\tau_{e,i}$ |
|---------------|------------|-------|--------------|
| piccoli elem. | 0,00       | 51,00 | 0,0000054169 |

$R_i$  è il potere fonoisolante dell'elemento  $i$ , in decibel;

$S_i$  è l'area dell'elemento  $i$ , in metri quadrati.

$D_{n,e,i}$  è l'isolamento acustico normalizzato di un piccolo elemento  $i$ , in decibel;

$S$  è l'area totale della facciata, vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi), in metri quadrati.

## APPENDICE 4: CALCOLI PORTE INTERNE E PARETI DI SEPARAZIONE

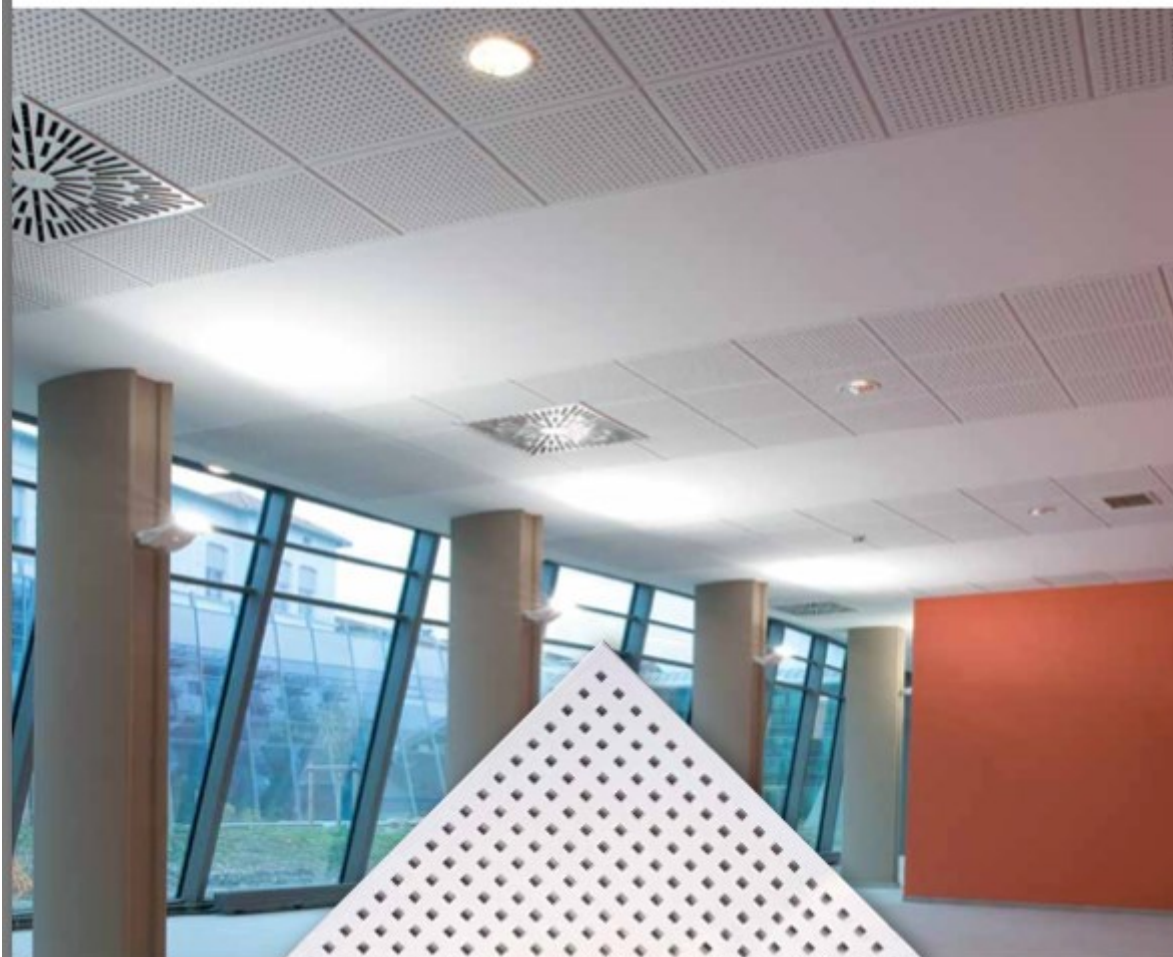
| SEZIONE 3  |       |        |
|------------|-------|--------|
|            | Rw dB | Mq     |
| 1 - PARETE | 56    | 20,327 |
| 2 - PORTA  | 28    | 3,1    |
| RW COMPLEX | 37    |        |
| SEZIONE 2  |       |        |
|            | Rw dB | Mq     |
| 1 - PARETE | 56    | 12,929 |
| 2 - PORTA  | 30    | 3,1    |
| RW COMPLEX | 37    |        |
| SEZIONE 1  |       |        |
|            | Rw dB | Mq     |
| 1 - PARETE | 56    | 3,26   |
| 2 - PORTA  | 33    | 3,1    |
| RW COMPLEX | 36    |        |

| SEZIONE 3 |       |  |
|-----------|-------|--|
| DnT,w     | 34    |  |
| S         | 36    |  |
| V         | 183   |  |
|           |       |  |
| Rw'=      | 31,89 |  |
|           |       |  |
| SEZIONE 2 |       |  |
| DnT,w     | 35    |  |
| S         | 28    |  |
| V         | 183   |  |
|           |       |  |
| Rw'=      | 31,80 |  |
|           |       |  |
| SEZIONE 1 |       |  |
| DnT,w     | 41    |  |
| S         | 6     |  |
| V         | 183   |  |
|           |       |  |
| Rw'=      | 31,11 |  |

| SEZIONE 1-SEZIONE 2 |       |
|---------------------|-------|
| DnT,w               | 58    |
| S                   | 12,96 |
| V                   | 219,6 |
|                     |       |
| Rw'=                | 51    |








| BAGNO SEZIONE 1- RIPOSO SEZIONE 2 |      |
|-----------------------------------|------|
| DnT,w                             | 54   |
| S                                 | 9,12 |
| V                                 | 57,6 |
|                                   |      |
| Rw'=                              | 51   |

## Quadril Q1

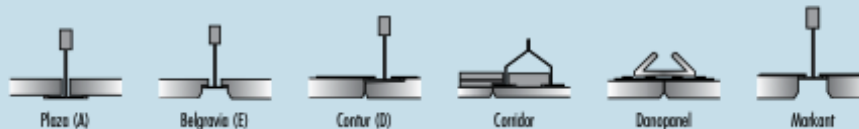


 Soffitti Knauf Danoline®

## Quadril Q1

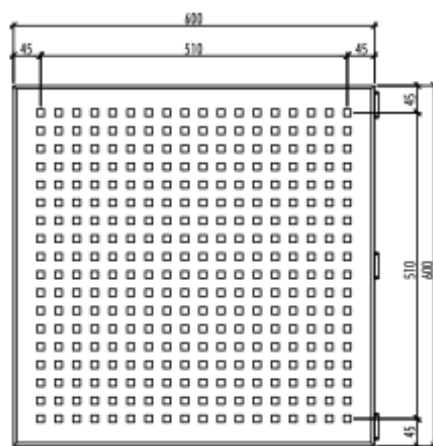
|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
|  | Plaza, Belgrovia, Contur, Coridor, Danopanel, Markant  |  600x600 mm<br>Coridor: 1200-1500-1800<br>-2100-2400x400 mm |  Classe A2-s1, d0 |  13% |
|  | Plaza c.a. 7,4 kg/m <sup>2</sup><br>Belgrovia c.a. 8,1 kg/m <sup>2</sup><br>Contur c.a. 10,1 kg/m <sup>2</sup><br>Coridor c.a. 9,4 kg/m <sup>2</sup><br>Danopanel c.a. 9,1 kg/m <sup>2</sup><br>Markant c.a. 8,4 kg/m <sup>2</sup> |  75,1%  |  RH 70% a 25 °C   |  |

## Bordi



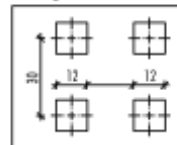
I fori quadrati di dimensioni di 12x12 mm, posti ad un interasse di 30 mm, offrono un decoro regolare e deciso, offrendo allo stesso tempo un ottimo assorbimento acustico, sinonimo di comfort garantito. I risultati dell'assorbimento acustico sono elevati alle medie frequenze, importanti per la comprensione del linguaggio parlato. Tra i vari e numerosi campi di impiego troviamo i locali pubblici, e/o i luoghi di lavoro che, di conseguenza, sono da privilegiare per questo tipo di foratura.

## Quadril Q1

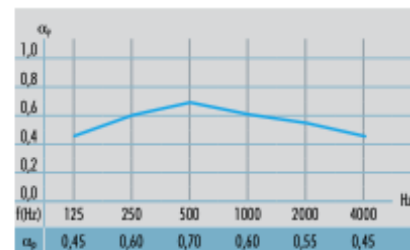


Misure in mm

## Dettaglio Quadril Q1



## Coefficiente di assorbimento



Ribassamento 200 mm, alpha\_s: 0,60, NRC: 0,65 (Plaza, Belgrovia, Contur)



## SONODEC 25

Tubo flessibile con isolamento termo-acustico certificato BL-s1,d0 secondo EN 13501-1:2019

### Descrizione

Tubo flessibile certificato, con isolamento termo-acustico. Dimensioni e requisiti meccanici conformi alla norma EN 13180. Il tubo interno perforato permette allo strato di isolante di attenuare ed assorbire il rumore (trasmesso ed irradiato) generato negli impianti di condizionamento/ventilazione. Un film di protezione riveste il materassino isolante per evitarne l'erosione. Limita inoltre lo scambio termico tra l'aria trasportata e l'ambiente esterno ed evita la formazione di condensa in raffreddamento

Classe di reazione al fuoco:

- B<sub>L</sub>-s1,d0 secondo EN 13501-1:2019

### ACCESSORI

- HMB 3000: fascette stringitubo in acciaio inox (rotolo da 30 m)
- HMC 50: dispositivi di trazione per fascette (confezione da 50 pz)
- HN 210: fascette stringitubo in nylon (confezione da 100 pz)
- HP: pinza tendifascetta per fascette HN 210

### Materiali e Finitura

Tubo interno in alluminio-poliestere laminato perforato. Spirale realizzata con filo armonico passo 36 mm. Barriera antierosione realizzata con film di poliestere chiuso. Isolante in lana di vetro sp. 25 mm, densità 16 kg/m<sup>3</sup>. Tubo esterno in alluminio-poliestere laminato, rinforzato con fibra di vetro.

### Applicazioni e Limiti di Impiego

- Temperatura d'esercizio: -30/140 °C
- Pressione massima: 2500 Pa
- Velocità massima: 30 m/s
- Resistenza termica: 0,69 m<sup>2</sup> K/W
- Minimo raggio di curvatura: 25 + (0,54 x DN) mm

### Testo per Capitolato

Tubo flessibile certificato in classe di reazione al fuoco B<sub>L</sub>-s1,d0 secondo EN 13501-1:2019, con isolamento termo-acustico in lana di vetro spessore 25 mm, densità 16 kg/m<sup>3</sup>, completo di barriera antierosione. Dimensioni e requisiti meccanici conformi alla norma EN 13180